

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

VLIV UPÍNACÍ DÉLKY TKANIN PŘI TAHOVÉ ZKOUŠCE
NA POISSONŮV POMĚR

Influence of clumping length of fabric on Poisson ratio
in the tension test

Květa Vojtová

KOD – 229

Počet stran : 45

Počet příloh : 5

Počet obrázků : 22

Počet tabulek : 6

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená *diplomová (bakalářská)* práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském

a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové (bakalářské)* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou diplomovou (*bakalářskou*) práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové (*bakalářské*) práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové (*bakalářské*) práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové (*bakalářské*) práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 4. 1. 2008

.....

Podpis

Poděkování:

Děkuji touto cestou vedoucí bakalářské práce Ing. Viere Glombíkové Ph.D. za poskytnutí informací, podnětné rady, připomínky, pomoc a ochotu při vypracování bakalářské práce.

Dále bych ráda poděkovala Ing. Marii Koldinské a Ing. Zuzaně Fléglové za ochotu a pomoc při měření na přístrojích.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala mojí rodině za podporu během celého studia.

Anotace:

Bakalářská práce se v teoretické části zabývá definicí materiálových charakteristik textilií (smykový modul pružnosti (G), Yongův modul pružnosti (E), plošnou hmotnost (m) atd.).

Porovnává klasické strojírenské materiály a textilní materiály z hlediska materiálových charakteristik.

V experimentální části práce byly provedeny dva typy zkoušek pro zjištění Poissonova poměru při různých upínacích délkách. V první zkoušce byl Poissonův poměr počítán jako poměrná příčná kontrakce k poměrnému prodloužení a v druhé zkoušce byl Poissonův poměr počítán jako poměrná změna tloušťky tkaniny k poměrnému prodloužení.

Annotation :

The Bachelor task in its theoretical sections deals mathematic characteristics of textiles (shear module of flexibility (G), Yong's module of flexibility (E), square weight (m), etc.

It compares typical engineering materials and textile materials according to material characteristics.

Two types of tests were executed to determine Poisson proportion in various clumping lengths in experimental tests. In the first test the Poisson proportion was calculated as a relative traverse contraction to relative extension and in the other test the Poisson proportion was calculated as a relative change of thickness of fabric to relative extension.

Klíčová slova :

Pevnost

Tažnost

Materiál

Tkanina

Poissonův poměr

Tahová zkouška

Upínací délka

Osnova

Útek

Key words:

Strenght

Traction

Material

Fabric

Poisson ratio

Traction test

Clumping length

Warp

Weft

Obsah :

Seznam zkratek.....	3-4
1. Úvod.....	5-6
2. Charakteristika materiálu.....	7
2.1. Anizotropní a izotropní látky.....	7
2.2. Namáhání v tahu.....	7-8
2.2.1. Klasické strojírenské materiály.....	8-10
2.2.1.1. Materiálové charakteristiky klasických stroj. materiálů.....	10-11
2.2.2. Textilní materiály.....	12-16
2.2.2.1. Materiálové charakteristiky textilních materiálů.....	16-21
3. Materiálové charakteristiky ovlivňující výsledky tahové zkoušky.....	22
3.1. Vazba tkaniny.....	22
3.2. Dostava tkaniny.....	22
3.3. Tloušťka plošné textilie.....	22
3.4. Plošná měrná hmotnost.....	22
4. Metoda FEM.....	23-24
5. Vliv upínací délky tkanin při tahové zkoušce na Poissonův poměr.....	25-26
6. Experimentální část.....	27
6.1. Popis měřených vzorků.....	27
6.2. Měření číslo 1.....	28
6.2.1. Popis přístroje LabTest.....	29
6.2.2. Podmínky měření 1.....	29
6.2.3. Příprava vzorků.....	29
6.2.4. Program LUCIA.....	30
6.2.5. Princip měření.....	30-31
6.2.6. Výpočet poissonova poměru.....	31-35
6.3. Měření číslo 2.....	35
6.3.1. Popis přístroje KAWABATA.....	35
6.3.2. Podmínky měření 2.....	35
6.3.3. Příprava vzorků.....	36
6.3.4. Program LUCIA.....	36
6.3.5. Princip měření.....	36
6.3.6. Výpočet Poissonova poměru.....	37-39

Závěr.....	40-41
Seznam použité literatury.....	42-43
Seznam obrázků a tabulek.....	44
Seznam příloh.....	45

Použité zkratky:

S	plocha
S_o	průřez tyče před deformací
S_u	průřez tyče po deformaci
F	síla
R	normální napětí
R_u	mez úměrnosti
R_E	mez pružnosti
L_o	délka tyče před deformací
L_u	délka tyče po deformaci
ΔL	skutečné prodloužení
ε	poměrné prodloužení
$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$	poměrné prodloužení ve směru x, y, z
$\varepsilon_1, \varepsilon_2$	poměrné prodloužení ve směru 1, 2
A	tažnost
E	modul pružnosti
σ	napětí
G	modul pružnosti ve smyku
τ	smykové napětí
γ	poměrné posunutí, poměrný zkos
u, b	kolmé vzdálenosti mezi vrstvami při výpočtu poměrného posunutí
ν	Poissonovo číslo, Poissonův poměr
ν_{xy}	Poissonův poměr relativního zkrácení k relativnímu prodloužení
ν_{zy}	Poissonův poměr relativní změny tloušťky materiálu k relativnímu prodloužení
S_A	Stupnice anizotropie
V _{max}	maximální hodnota měřené vlastnosti v závislosti na směru
V _{min}	minimální hodnota měřené vlastnosti v závislosti na směru
E_p	poměrný modul
E_o	modul pružnosti ve směru osnovy
E_u	modul pružnosti ve směru útku
E_{45}	modul pružnosti pod úhlem 45°
Θ	úhel v libovolném směru

ξ	relativní zvlnění
h/p	poměrné zvlnění
h/py	poměrné zvlnění ve směru kolmém
FEM	Finite Element Method = MPK metoda konečných prvků
FEA	analýza konečných prvků
F_0	síla pro předpětí
V	rychlost
$v_{(x)}$	variační koeficient
s_x	směrodatná odchylka
s^2	rozptyl
\bar{x}	průměrná hodnota
\tilde{x}	střední hodnota
95% IS	interval spolehlivosti 95%
$x_{10}, x_{20}, x_{30}, x_{40}, x_{50}, x_{60}$	vzdálenosti mezi body na vzorku v horizontále z prvního snímku
$y_{10}, y_{20}, y_{30}, y_{40}, y_{50}, y_{60}$	vzdálenosti mezi body na vzorku ve vertikále z prvního snímku
$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$	vzdálenosti mezi body na vzorku v horizontále z posledního snímku
$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6$	vzdálenosti mezi body na vzorku ve vertikále z posledního snímku
$z_{10}, z_{20}, z_{30}, z_{40}, z_{50}$	tloušťka tkaniny z prvního snímku
z_1, z_2, z_3, z_4, z_5	tloušťka tkaniny z posledního snímku

1. Úvod

Cílem práce je definice materiálových charakteristik textilií (smykový modul pružnosti (G), Yongův modul pružnosti (E), plošnou hmotnost (m) atd.)

Tyto materiálové charakteristiky jsou potřebné při aplikaci metody konečných prvků. Poissonův poměr je velice důležitý při analýze splývavosti textilních materiálů. Je důležitý pro zjišťování mechanismu deformace, omezující prodloužení vzorku při zvýšeném nesouvislém napětí. Zjišťování mechanických vlastností můžeme zjišťovat teoreticky nebo experimentálně. Teoretickým hodnocením můžeme předpovídat, jak se přibližně látka bude chovat při daném zatížení.

Poissonův poměr je důležité zahrnout do kalkulací počítačově modelovaných realistických textilií a tím lépe získat celkové anizotropní vlastnosti materiálu.

Splývavost je trojrozměrná deformace plochy vzorku pod rovinu jeho upnutí. Na oděvu je termín používán pro trvalé deformace určitých částí oděvu, jako jsou rukávy kolem loktů a kalhoty v oblasti kolen.

Zkoumání splývavosti a deformací kulatého vzorku zatíženého přitisknutým předmětem k ploše vzorku. Obojí teoreticky nebo experimentálně je dostupné v práci od Kisila (1999), Zhuang et al. (2000), Strazdiene a Gutauskas (2000) a v poslední době od Abghari et al. (2004), který zkoumal plošné vlastnosti látky, splývavosti experimentálně. Komplexní literární průzkum daného problému je od Laton (2004).

Práce je podobná jako od Zhuang et al. S významným rozdílem v zahrnutí Poissonova poměru μ , na který v předešlých studiích nebylo bráno ohled. Zahrnutím Poissonova poměru selepší způsoby výpočtu celkových anizotropních vlastností

[1]

Studii deformování látky za použití nelineárních konečných prvků napsal L. Gan, N. G. Ly a G. P. Steven. Deformace látky je charakterizována velkými posuny a rotacemi, ale malé napětí je analyzováno za použití geometrické nelineární konečné prvkové metody.

Lloyd (Lloyd, D. W., The Analysis of Complex Fabric Deformations. in "Mechanics of Flexible Fibre Assemblies," John W. S. Hearle, Ed., Sijthoff and Noordho Netherlands.

1980. pp. 311—341) používal pro určení deformace látky konečnou metodu prvků za použití membránových prvků bez odporu pohybu, které se také používají k rozboru struktury látky.

Imaoka (17. Rothert. H., Idelberger, H., Jackbi, W., and Niemann, L., On Geometricall Nonlinear Contact Problems with Friction. Comp. .%feths Appl. Mech. Eng. 51, 139—150 (1985).) Využil trojúhelníkové konečné prvky při zkoumání řasení sukni.

[2]

Dále dynamiku deformace látky zkoumal Jacqueline R. Postle a Ron Postle. Pro analýzu deformace látky použili Klein-Gordovy nelineární diferenciální rovnice, která se mění na trojrozměrné sinusové Gordonovy rovnice.

[3]

2. Charakteristika materiálu

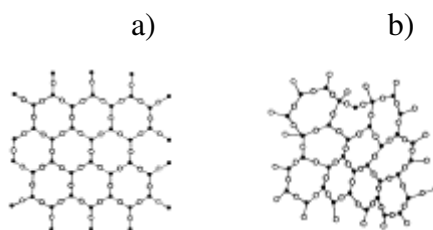
2.1. Anizotropní a izotropní látky

Pevné látky se dělí podle orientace krystalitů na anizotropní (většina monokrystalů) a izotropní (většina polykrystalů).

monokrystal – všechny částice jsou v jedné krystalické struktuře, která není přerušena, rozložení částic se periodicky opakuje v celém krystalu. Celý monokrystal má pravidelný geometrický tvar. Vlastnosti monokrystalů se v určitých směrech mohou lišit – jsou závislé na jejich uspořádání (slída se v jednom směru snadno rozdělí na plátky, ale tyto plátky je velmi obtížné rozdělit). Fyzikální vlastnosti látky závisí na směru vzhledem ke stavbě krystalu.

Př. kamenná sůl NaCl , křemen SiO_2 ; pro polovodiče se musí používat monokrystaly křemíku Si a germania Ge .

polykrystal – skládají se z velkého počtu drobných krystalků – zrn (rozměry od $10\text{ }\mu\text{m}$ po několik mm). Částice uvnitř mají opakující se strukturu, ale zrna jsou uspořádána nahodile, vzájemná poloha je nahodilá. Mají ve všech směrech stejné vlastnosti. Patří sem všechny kovy



Obr. 1 Stavba monokrystalu a) a stavba polykrystalu b)

[4]

2.2. Namáhání v tahu

Při namáhání v tahu nazýváme odezvu pevnosti materiálu v tahu. Tuto vlastnost zkoušíme na dynamometru – přístroji pro definované namáhání vzorků a registraci síly a deformace. Přístroji se také říká zjednodušeně trhačka.

Pevnost i tažnost za sucha a za mokra se od sebe mohou značně lišit. Příčinou je vliv vody na řadu vlastností většiny textilních vláken (pevnost, třecí vlastnosti, deformační vlastnosti, geometrie apod.).

2.2.1. Klasické strojírenské materiály

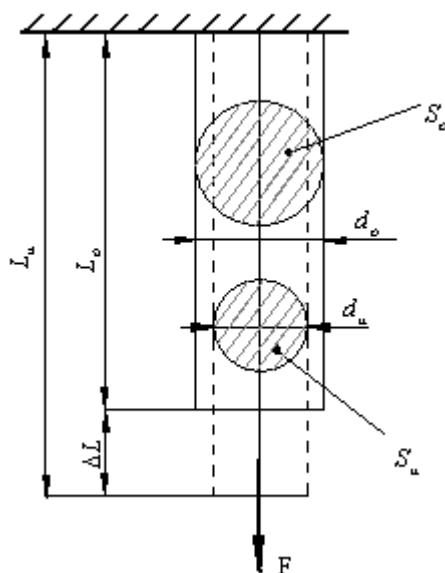
ČSN 42 0310

Klasické strojírenské materiály jsou izotropní elastické materiály a při zatížení podléhají malým deformacím. Pro jejich deformaci je nutné vyvinout velkou sílu. Z hlediska izotropie není nutné zkoušet deformace ve více směrech.

Zkouška spočívá v zatěžování zkušební tyče předepsanou rychlostí, většinou až do rozrušení, aby se stanovila jedna nebo několik charakteristik mechanických vlastností.

Provádí se na tahových tyčích kruhového nebo obdélníkového průřezu. Při deformaci se mění průřez S_u . Síla F vyvolá na tyči normální napětí R , které je dáno vztahem:

$$R = \frac{F}{S_o} \text{ [MPa]} \quad (1)$$



Obr. 2 Schéma zatěžování tyče klasického strojírenského materiálu při tahové zkoušce za předpokladu, že zatěžování je přísně osové.

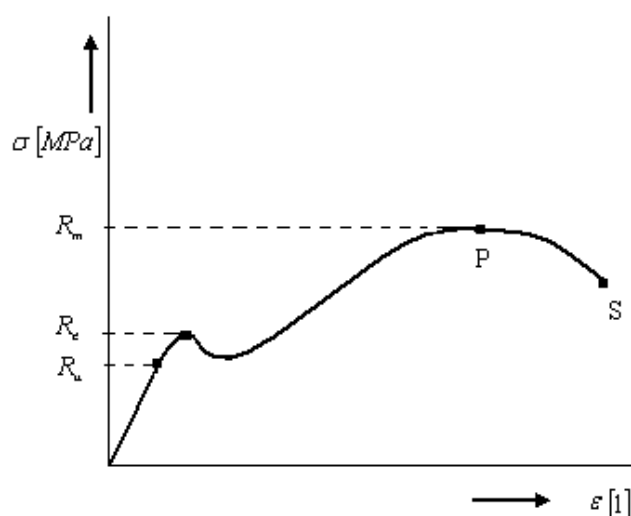
Dále zjišťujeme celkové skutečné prodloužení $\Delta L = L_u - L_o$ a poměrné prodloužení ε .

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \quad (2)$$

Poměrné (trvalé) prodloužení po přetržení, vyjádřené v procentech původní délky, se nazývá tažnost a označuje se A.

$$A = \frac{L_u - L_o}{L_o} \cdot 100 [\%] \quad (3)$$

Zde je L_u je konečná měrná délka tyče, čili délka po přetržení.



Obr. 3 Pracovní diagram závislosti mezi napětím a prodloužením tyče

Plocha pod diagramem představuje součin zátěžné síly a deformace - tedy práci potřebnou k přetržení tyče. Tato práce je také mírou statické houževnatosti materiálu. Zpočátku je prodloužení úměrné napětí, chování materiálu v této oblasti popisuje Hookův zákon.

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \quad (4)$$

Konstanta E je modul pružnosti. Počátek diagramu je přímkový až k hodnotě R_e , která se nazývá mez úměrnosti.

Zatěžujeme-li zkušební tyč poměrně malou silou, prodlouží se pouze pružně. Po odlehčení se vrátí do původní délky. Postupným zvyšováním zatěžovací síly se dosáhne napětí, které způsobí první trvalé prodloužení. Tyč se po odlehčení nevrátí do původní délky.

Mezní napětí, do kterého jsou deformace pouze pružné, se nazývá mez pružnosti R_E . Mez pružnosti R_E je velmi blízká mezi úměrnosti R_u . Mez pružnosti je technicky velmi obtížně zjištělná, proto se prakticky zjišťuje smluvní mez pružnosti $R_{0,005}$, což je napětí, které způsobí trvalou deformaci 0,5% L_0 .

2.2.1.1. Materiálové charakteristiky klasických strojírenských materiálů

Yongův modul pružnosti v tahu pro klasické strojírenské materiály

Yongův modul pružnosti E pro malé deformace vychází z Hookova zákona jako podíl napětí σ ku poměru prodloužení ε (jedná se o lineární závislost):

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} [Pa] \quad (5)$$

Napětí σ je definováno jako podíl síly F a plochy S , na kterou tato síla působí.

$$\sigma = \frac{F}{S} [Nm^{-2}] \quad (6)$$

[5]

Poměrné prodloužení ε je definováno jako podíl prodloužení vzorku Δl a upínací délky l_0 .

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (7)$$

Modul pružnosti ve smyku pro klasické strojírenské materiály

Modul pružnosti ve smyku G se definuje, jako podíl smykového napětí τ a poměrného posunutí γ , které vzniká při deformaci.

$$G = \frac{\tau}{\gamma} [Pa] \quad (8)$$

Smykové napětí je poměr síly F a smykové plochy S .

$$T = \frac{F}{S} [Pa] \quad (9)$$

Poměrné posunutí γ je dáno posunutím 2 rovnoběžných vrstev o vzdálenosti u podělených vzdáleností b , což je kolmá vzdálenost mezi vrstvami.

$$\gamma = \frac{u}{b} [1] \quad (10)$$

Smykový modul pružnosti G při malé deformaci se dá také vyjádřit jako:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} [Pa] \quad (11)$$

E je Youngův modul pružnosti v tahu a ν je Poissonovo číslo.

[6]

Poissonův poměr pro strojírenské materiály

Poissonův poměr ν_{xy} je materiálová konstanta, která udává poměr relativního zkrácení v určité ose k relativnímu prodloužení v jiné ose.

Pro většinu strojírenských materiálů je velikost Poissonova poměru v intervalu $0,25 \leq \nu \leq 0,5$.

Téměř nulovou hodnotu má vzhledem k minimální příčné kontrakci např. beton a téměř hodnotu 0,5 má pryž.

Poissonův poměr nemůže být větší než 0,5. To by znamenalo, že hmota napětím v jednom směru celkově zmenšuje objem. K příčné kontrakci dochází současně v obou kolmých směrech.

Poissonův poměr získáme za vztahu

$$\nu = \frac{E}{2G} - 1 \quad (12)$$

Materiál	ν
Ocel	0,33
Litina	0,25
Měď	0,35
Hliník a slitiny Al	0,33
Hořčík	0,30
Bronz a mosaz	0,35

Tab. 1 Poissonův poměr pro strojírenské materiály

[7]

2.2.2. Textilní materiály

Textilní materiály jsou anizotropní viskoelastické, podléhající deformaci už při malé síle zatížení. V materiálu dochází k velkému posunutí a velké deformaci.

Anizotropie textlie

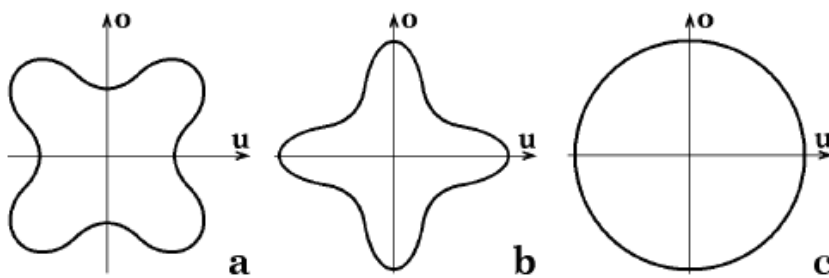
Anizotropie textlie je směrová závislost mechanických vlastností plošné textlie a ze strukturálního hlediska je určena orientací nití (osnovy, útku) v textilii.

O anizotropii mluvíme tedy v případě, když se nějaká fyzikální vlastnost materiálu neprojevuje ve všech směrech stejně. Je zřejmé, že textlie se jinak chová při zatížení ve směru osnovy, útku a v jiných směrech. Tato skutečnost velmi ovlivňuje pevnost v tahu a splývavost textlie např. obecně platí, je-li vyšší Yongův modul pružnosti v osnově, než v útku, pak je tuhost v ohybu osnovy vyšší a tím i vyšší pevnost v tahu. Můžeme říci, že se tedy textlie ve směru osnovy hůře deformuje.

Pro plošné útvary se používá grafické znázornění míry anizotropie v polárním diagramu. Čím jsou tyto diagramy protáhlejší, tím anizotropnější je chování materiálu. Polární diagram, který se svým tvarem blíží kruhu, znamená, že daná vlastnost měřeného materiálu není citlivá na změny v různých směrech, jde tedy o izotropní materiál.

Polární diagram při tahové zkoušce

Polární diagram tažnosti počátečního modulu deformace a pevnosti popisuje anizotropii těchto vlastností, tj. jejich závislost na směru, viz obrázek. Např. tažnost dvouosé tkaniny ve směru osnovy nebo útku bývá podstatně menší, nežli tažnost diagonální, při které dochází ke zkosení tkaniny (je namáhána i smykovým napětím, které změní úhel mezi osnovními a útkovými nitěmi). Polární diagram má v tomto případě podobu čtyřlístku.



Obr. 4 Polární diagram při tahové zkoušce

[8]

Anizotropie materiálu se hodnotí pomocí stupnice anizotropie S_A .

$$S_A = \frac{(V_{\max} - V_{\min})}{(V_{\max} + V_{\min})} \quad (13)$$

V_{\max} – maximální hodnota měřené vlastnosti v závislosti na směru

V_{\min} - minimální hodnota měřené vlastnosti v závislosti na směru

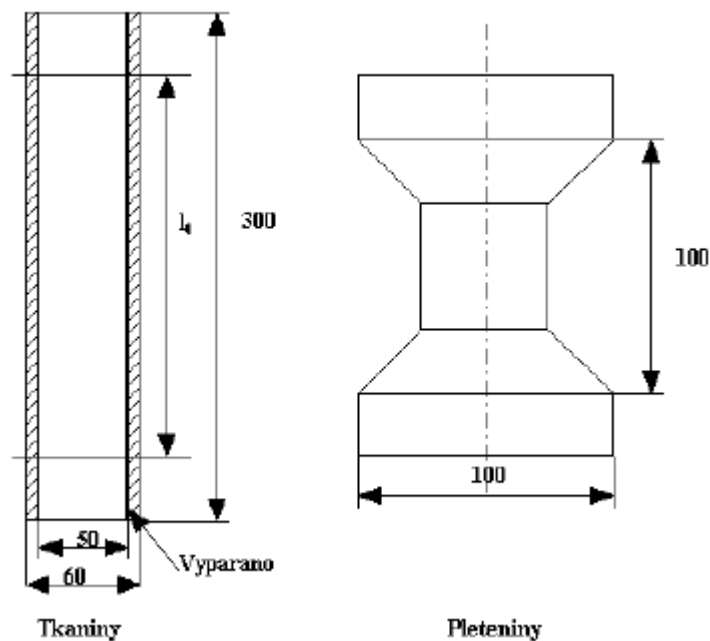
Stupeň anizotropie S_A nabývá hodnot od 0 do 1. Materiál, který je dokonale izotropní, má stupeň anizotropie roven 0, protože maximální a minimální hodnoty měřené vlastnosti se sobě rovnají. Pokud je V_{\min} rovno 0, je tento materiál anizotropní. Stupeň anizotropie umožňuje komplexnější popis anizotropie pozorované vlastnosti a také lepší porovnání různých materiálů nebo vlastností mezi sebou.

Tahová zkouška je ovlivňována vlastností textilie, která je ovlivňována vlastností přízí a vlastnosti příže jsou ovlivňovány vlastnostmi vláken.

Deformace textilních materiálů při zkoušce tahem

Mechanická namáhání plošných textilií v hotových výrobcích, zejména oděvních, se odehrávají v oblasti malých deformací. V praxi dochází málokdy k takovému namáhání, které by znamenalo porušení plošné textilie. Také u plošných textilií jsou mechanické vlastnosti jejich odezvou na mechanické působení (tah, tlak, krut, ohyb) od vnějších sil. Nejvíce dominantní je namáhání tah a ohyb.

Tyto zkoušky jsou prováděny podle metody Strip ČSN EN ISO 13934 – 1. Zkouší se ve dvou na sobě kolmých směrech (u pleteniny – ve směru sloupku a řádku, u tkaniny ve směru útku a osnovy). Podle normy mají být vzorky vystřiženy z odstřižku plošné textilie tak, aby neměly ani jednu společnou nit. Normovaný je rovněž tvar vzorků, jak je znázorněno na obrázku č.5.



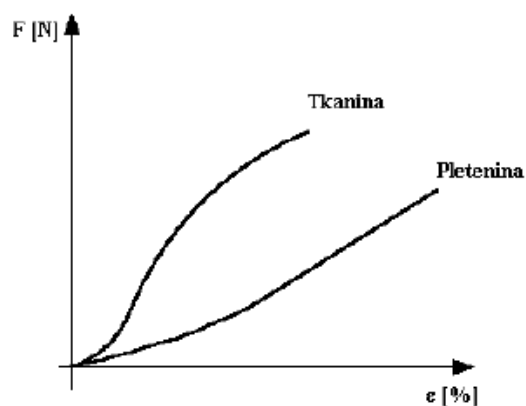
Obr. 5 Vzorky pro pleteninu a tkaninu při tahové zkoušce

U **tkanin** se vzorek vystřihne přesně po niti v rozměrech 300 x 60mm a vzorek je pak vypárán na šíři 50 mm. Upínací vzdálenost $l_0 = 200\text{mm}$.

U **pletenin** se vzorek vystřihuje podle šablony a zkouší se ve tvaru stočeném podél osy.

Upínací délka $l_0 = 100\text{mm}$.

U tkanin a pletenin je nutno očekávat rozdílný tvar křivek pevnosti a tažnosti. Tkanina bývá pevnější, má strmější křivku a menší tažnost. Pletenina mívá nižší pevnost, větší tažnost a křivku pozvolněji stoupající.



Obr. 6 tahové křivky tkanin a pletenin

Pevnost je udávána v absolutních jednotkách $F [\text{N}]$.

Při sledování tahové křivky a ultimativní charakteristiky u plošných textilií, je vidět, že se v obou na sebe kolmých směrech výrazně liší. Tento jev se nazývá anizotropie a je využíván při tvarování plošných textilií (zažehlování).

Kromě těchto zkoušek jsou plošné textilie zkoušeny také na pevnost v protržení, pevnost v protlaku kuličkou, pevnost v pronikání hrotů, apod. Tyto zkoušky jsou speciální simulační zkoušky např. pro technické textilie a geotextilie.

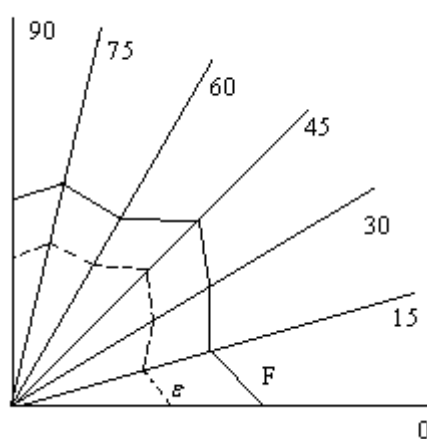
Pro nábytkářské potahové textilie jsou prováděny simulační zkoušky cyklického vtlačování kulového vrchlíku. Tato zkouška stanoví úroveň trvalých (plastických) deformací při užívání textilie.

[9]

Zkoušení textilií tahem ve více směrech

Z hlediska anizotropie je nutné zkoušení textilií tahem ve více směrech.

Provádí se výstřih vzorků v různých směrech, obvykle v úhlovém kroku $\Delta\vartheta = 15^\circ$ a ze získaných hodnot pevnosti a tažnosti, eventuálně ze stanovených bodů na tahových křivkách se sestaví polární diagram. Ten vyjadřuje anizotropii mechanických vlastností dané plošné textilie při jejím namáhání v tahu různými směry.



Obr. 7 Polární diagram pro namáhání textilie ve více směrech

V některých případech je zapotřebí provést namáhání ve dvou směrech současně tzv. biaxiální namáhání. Tyto směry jsou voleny buď ve směru nit'ových soustav, nebo obecně získané tahové diagramy snímané současně.

Provádí se zejména u technických textilií, jež jsou tímto způsobem namáhány v realitě (např. filtrační textilie)

[10]

V práci Reologie plošných textilií od Prof. Ing. Radko Kováře, CSc je popsána tahová zkouška pro zjištění smykových vlastností textilií

Tažnost ovlivňuje vzájemná interakce nití, způsob namáhání, nestejnomyernost tažnosti a pružnosti, délka upnutí, příčná kontrakce a přestřižené nitě. Tkanina je měřena pod úhlem 45°. Dále se uvedená práce zabývá relativní tažností tkaniny pro malé úhly.

[14]

Při působení vnějších sil na plošnou textiliu dochází k její deformaci, neboli k tvarovým a rozměrovým změnám. Materiál při deformaci vyvolává určitý odpor, který lze popsat základními materiálovými charakteristikami. Mezi základní materiálové charakteristiky patří Yongův modul pružnosti, modul pružnosti ve smyku, Poissonův poměr a objemová měrná hmotnost (hustota).

2.2.2.1. Materiálové charakteristiky textilních materiálů

Yongův modul pružnosti v tahu pro textilní materiály

a) Určení modulu pružnosti z pracovního diagramu

Dosadíme-li do těchto 3 vztahů (5, 6, 7) dostaneme výraz:

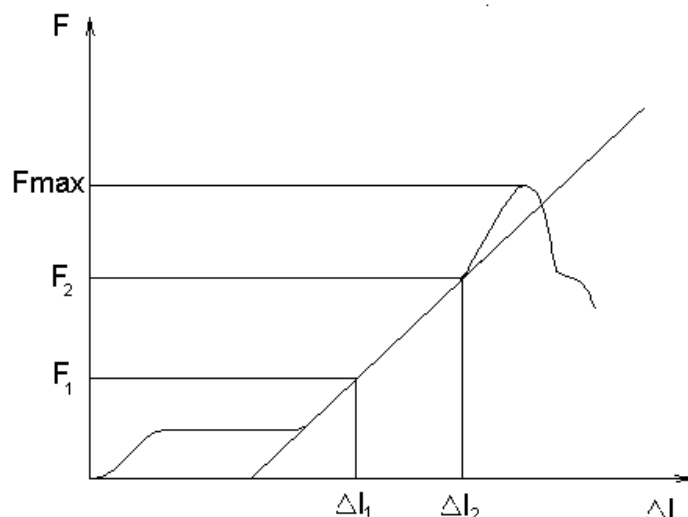
$$E = \frac{F \cdot l_0}{S \cdot l_{\Delta}} \text{ [Pa]} \quad (14)$$

Výraz $\frac{l_0}{S}$ je konstantou pro daný materiál.

S je plocha průřezu tkaniny bez vzduchových mezer

l_0 je počáteční upínací délka.

Takto dostaneme závislost modulu E na podílu síly F a daného prodloužení Δl , který přímo lze určit z tahového diagramu.



Obr. 8 Tahový diagram nárůstu síly a prodloužení

Způsob zjištění E_p z tahového diagramu

Způsob zjištění E_p z tahového diagramu

Modul pružnosti E se potom vypočítá:

$$E = \frac{l_o}{S} \cdot \frac{F_2 - F_1}{\Delta l_2 - \Delta l_1} \text{ [Pa]} \quad (15)$$

Pro zjišťování anizotropie mechanických vlastností slouží poměrný modul E_p [N/m], který získáme z předešlého vztahu:

$$E_p = \frac{F_2 - F_1}{\Delta l_2 - \Delta l_1} \text{ [Pa]} \quad (16)$$

b) Výpočet modulu v obecném směru

Pro teoretický výpočet modulu pružnosti v obecném směru musíme znát 3 experimentálně zjištěné hodnoty modulů. Jelikož textilie je anizotropní materiál musíme zjistit modul pružnosti ve směru osnovy E_o , ve směru útku E_u a modul pružnosti pod úhlem 45° mezi osnovou a útkem E_{45} . Potom můžeme napsat vzorec ve tvaru:

$$\frac{1}{E\Theta} = \left(\frac{\cos^4 \Theta}{E_o} \right) + \left(\frac{\sin^4 \Theta}{E_u} \right) + \left(\frac{4}{E_{45}} - \frac{1}{E_u} - \frac{1}{E_o} \right) \cdot \sin^2 \Theta \cdot \cos^2 \Theta \quad (17)$$

Kde Θ je úhel libovolného směru

Modul pružnosti ve smyku pro textilní materiály

Modul pružnosti ve smyku vychází z Hookova zákona, kde je poměrná deformace přímo úměrná napětí. Působením normálových napětí dochází k prodloužení nebo zkrácení původních rozměrů podle vztahů:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)}{E} & \varepsilon_y &= \frac{\sigma_y - \nu(\sigma_z + \sigma_x)}{E} \\ \varepsilon_z &= \frac{\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)}{E}\end{aligned}\quad (18, 19, 20)$$

ε ...jsou poměrné prodloužení

σ ...normálové napětí.

E je modul pružnosti v tahu

ν součinitel příčné kontrakce (Poissonův poměr).

Indexem jsou označeny příslušné směry.

Působením smykového napětí nastávají změny původně pravých úhlů, přičemž platí:

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G} \quad \gamma_{xz} = \frac{\tau_{xz}}{G} \quad \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G} \quad (21, 22, 23)$$

γ je poměrný zkos a τ je smykové napětí.

Modul pružnosti ve smyku G souvisí s modulem pružnosti E ve vztahu:

$$E = 2(1 + \nu)G \quad (24)$$

Poissonův poměr pro textilní materiály

Poissonův poměr pro textilní materiály se pohybuje v rozmezí 0,2-0,5 přičemž pro pleteniny jsou hodnoty Poissonova poměru mnohonásobně větší a mohou dosahovat například až 3.

Poissonův poměr příčné kontrakce je definován jako poměr záporného relativního prodloužení ve směru kolmém na zatížení ε_y k relativnímu prodloužení v zatíženém směru.

$$\nu_{xy} = -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_y} [1] \quad (25)$$

Získáme Poissonovy poměry v různých rovinách anizotropního a nebo ortotropního materiálu jako je například textilie (u izotropního materiálu jsou stejné), abychom získali 1 hodnotu Poissonova poměru pro anizotropní a ortotropní materiály zavedeme tzv. Ekvivalentní Poissonův poměr

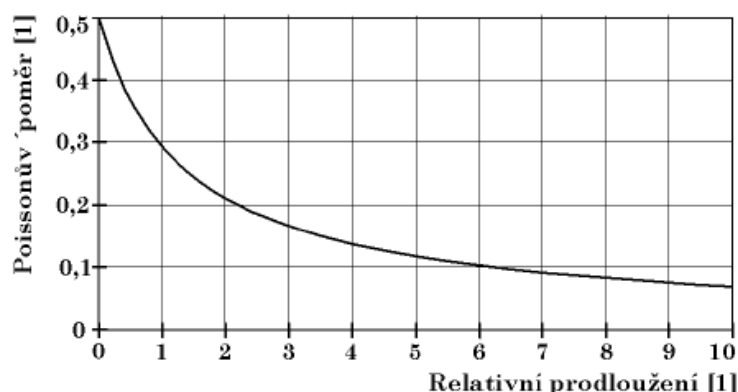
$$\nu = \sqrt[6]{\nu_{xy} \cdot \nu_{yx} \cdot \nu_{xy} \cdot \nu_{zx} \cdot \nu_{yz} \cdot \nu_{zy}} [1] \quad (26)$$

[5]

Radko Kovář zkoumal vlastnosti plošných textilií, zejména pletenin.

U textilií příčná kontrakce může být i podstatně větší, nežli protažení v zatíženém směru. Například zátažná jednolící hladká pletenina s velkou hodnotou l/d (řídká). Při protažení ve směru sloupků na dvojnásobek se rozměr může ve směru řádků zkrátit třeba na 1/4. To by odpovídalo Poissonovu poměru 0,75.

Velikost Poissonova poměru pro pružné materiály leží v intervalu 0,0 – 0,5 přibližně pouze pro malé deformace.



Obr. 9 Závislost součinitele příčné kontrakce hmoty na deformaci při zachování objemu. Prodloužení je až desetinásobné.

Pro tkaniny

Maximální příčná kontrakce tkaniny může vyjít z předpokladu, že se nitě ležící ve směru deformace zcela napřímí. Rozteč nití v kolmém směru lze potom stanovit modelově (oblouk – úsečka apod.) pro nit, jejíž délku ve vazné vlně známe (množství nitě je neměnné, délka se při deformaci tkaniny může měnit jenom díky deformaci této nitě) a jejíž relativní zvlnění bude $\xi = 1$. Jelikož se mění délka nitě ve vazné vlně rychleji v oblastech většího zvlnění, může být příčná kontrakce větší nežli protažení ve směru napětí.

Budeme předpokládat nejjednodušší možnou variantu, při které se průměr nitě deformací tkaniny nezmění, nitě ležící ve směru deformace se zcela napřímí a změna délky nitě ve vazné vlně bude zanedbatelná. Bude tudíž platit, že při počátečním poměrném zvlnění $h/p = 0,1$ bude po deformaci ve směru zatížení $h/p_x = 0,0$ a v kolmém směru $h/p_y = 0,2$. Poměrné prodloužení ve směru zatížení bude:

$$\varepsilon_x = \frac{l/p_{0,1}}{1} - 1 \quad (27)$$

$$\text{a příčná kontrakce:} \quad \varepsilon_x = 1 - \frac{l/p_{0,1}}{l/p_{0,2}} \quad (28)$$

Výsledky tahových zkoušek pro pleteniny

l/p pro	h/p=0,0	h/p=0,1	h/p=0,2	ε_x	ε_y	Poissonův poměr
Směr příčný	1,000	1,020	1,086	0,020	0,0608	3,039
Směr zatížení	1,000	1,024	1,090	0,024	0,0606	2,523

Tab. 2 Výsledky z tahových zkoušek pro pleteniny

Poissonův poměr příčné kontrakce je 3,039 a podélné 2,523.

Hodnota součinitele příčné kontrakce je až překvapující. Tahovým napětím se paradoxně plocha tkaniny zmenší zhruba o 4 %. Přitom uvedená úvaha nemusí být daleko od reality, i když deformace nití ve směru zatížení zvětší ε_x a naopak deformace průřezu nitě povede k menšímu celkovému zvlnění h/p .

Pevnost i tažnost za sucha a za mokra

Mohou se od sebe značně lišit. Příčinou je vliv vody na řadu vlastností většiny textilních vláken (pevnost, třecí vlastností, deformační vlastností, geometrie apod.).

[8]

3. Materiálové vlastnosti ovlivňující výsledky tahové zkoušky

Materiálové vlastnosti ovlivňují tahovou zkoušku tkanin. Mezi materiálové vlastnosti, které mají vliv na tahovou zkoušku patří vazba tkaniny, dostava tkaniny, tloušťka plošné textilie a plošná měrná hmotnost textilie.

3.1. Vazba tkaniny

Vazba tkaniny vyjadřuje způsob provázání osnovních a útkových nití. Mezi základní vazby tkanin patří plátňová, krepová a atlasová. Jestliže porovnáme mezi sebou 2 tkaniny s rozdílnou vazbou (např. plátňová a atlasová), stejnou dostavou, utkané, ze stejné příze (stejně materiálové složení a jemnost), zjistíme, že v plátňové vazbě, kde dochází k pravidelnému střídání osnovních a útkových nití, je výskyt flotujících nití nulový na rozdíl od atlasové vazby, kde je výskyt těchto nití vyšší. Vysoký výskyt flotujících nití způsobuje, že tkanina má nižší tuhost. Z toho můžeme usuzovat, že tkaniny utkané v plátňové vazbě mají vyšší tuhost v ohybu.

3.2. Dostava tkaniny

Dostava tkaniny je parametr, který udává počet nití dané soustavy na 100mm, v praxi se běžně používá na 1cm. Obecně platí, čím je dostava vyšší (stejná jemnost a materiálové složení příze), tím se zvyšuje tuhost tkaniny.

3.3. Tloušťka plošné textilie

Tloušťka plošné textilie je kolmá vzdálenost mezi lící a rubní stranou textilie za předepsaného zatížení. Zatížení se používá proto, že textilií lze stlačit a deformovat i v příčném směru. Čím je tloušťka materiálu větší, tím je vyšší jeho pevnost.

3.4. Plošná měrná hmotnost

Plošná měrná hmotnost je hmotnost 1m² textilního materiálu. Obecně platí, že textilní materiál s větší plošnou měrnou hmotností, je těžší, než textilní materiál s menší měrnou hmotností, která se snadněji deformuje a tedy má i menší pevnost v tahu. Pokud budeme používat toto zhodnocení nesmíme zapomenout i na ostatní parametry, jako je jemnost příze, dostava, atd.

4. Metoda FEM

Finite Element Method neboli metoda konečných prvků (MPK).

Metoda konečných prvků se od klasických variačních metod liší technikou aproximace průběhu hledané veličiny. MKP sestavuje výsledný funkční předpis z aproximací nenulových jen v omezených objemech, v tzv. konečných prvcích. Konečné prvky se získávají rozkladem oblasti na geometricky jednoduché, vzájemně disjunktní podoblasti. Rovinné oblasti se rozkládají na troj- nebo čtyřúhelníkové prvky, prostorové oblasti na čtyřstěny nebo kvádry apod. Rozklad se označuje jako síť konečných prvků. Kolik prvků síť obsahuje, tolik lokálních aproximací je k dispozici pro modelování hledané funkce. Aproximační funkce se volí jednoduché.

Za hranicemi prvků musí být minimálně splněn požadavek spojitosti, což vede na závislost kombinačních koeficientů elementárních funkcí v aproximačních předpisech sousedních prvků. Tyto uzlové nebo též stykové body se umísťují přednostně na hranici prvků, zejména vrcholů.

Ukazuje se možnost hluboké automatizace etapy návrhu sítě, fáze výpočtu číselných charakteristik prvků a procesu sestavení a vyšetření soustavy rovnic, která představuje při minimalizaci funkcionálu potenciální energie rovnice rovnováhy uzlových bodů.

Deformační okrajové podmínky lze do soustavy rovnic zavádět až před vlastním řešením, dříve k nim není třeba přihlížet. Tato skutečnost patří k přednostem MKP, neboť na tvarové funkce nejsou kladeny žádné požadavky specifické pro konkrétní úlohu. Jinak vyjádřeno, MKP umožňuje rozvázat operátor úlohy od vazebních podmínek tělesa, což u klasických variačních metod nelze a je to mnohdy jedním ze zdrojů obtíží.

[15]

Dvojměrný konečný prvek při modelování tkanin

Tato metoda navrhuje zjednodušenou prezentaci látky, která zahrnuje tři tělesa v kontaktu.

Tkaniny nemají jednoduché homogenní struktury. Modelování látky pomocí mikrostruktury je výborné pro hloubkové studium charakteristiky.

FEA – analýza konečných prvků je velmi užitečná metoda pro mechanickou analýzu z jejích komplexních tvarových struktur. FEA může být aplikovaná na systému těles v kontaktu a jejich vzájemného ovlivňování. Použitím Metody konečných prvků určíme z rozboru kontaktů těles mechanické vlastnosti tkanin.

První mikromechanický model látky byl navrhovaný v roce 1937 (Peirce, 1937) hlavní význam kladl hustotě látky, jako třetí dimenzi látky. Byl to první systematický pokus o přiblížení komplexní mikrogeometrie. Ačkoli model je extrémně zjednodušený, vede to k sedmi rovnicím a 11 neznámým, které mohou být vyřešené jen po stanovení čtyř libovolných proměnných, například: složení a hustotu útkových a osnovních přízí. Systém algebry je v komplexním tvaru a není možné najít analytické řešení v uzavřeném tvaru.

Kemp se snažil o vývoj realističtějšího jednotného buněčného modelování látky jako skutečné geometrie látky. Zahrnul proti předchozímu modelu deformace příčný řez (zploštění v kontaktním bodě osnovy a útku) přízí (Kemp, 1958). Příze ve skutečné látce, zvláště na bodech křížení, nemají příčný řez kruhový, jako ideální model (Shanahan a Hearle, 1978). Samozřejmě mechaniky tkanin se staly dost komplikované kvůli nelineárnímu chování kontaktní oblasti.

Důležité ke zjištění správných výsledků je použití simulace a výpočetní metody.

Každá výpočtová metoda je založená na mechanickém modelu skutečné struktury látky. Čím více je reálný počáteční geometrický model, tím více přesné jsou výsledky ze simulace. Spolehlivost modelů a jejich simulaci geometrie látky srovnával Provatidis et al., 2003. Upravený model od Peirce může být použitý pro přesnou předpověď geometrické struktury látky.

[16]

5. Vliv upínací délky tkanin na Poissonův poměr

Zjišťování tahových vlastností textilií se v České republice provádí metodou Strip ČSN EN ISO 13934-1 a Grab ČSN EN ISO 13934-2.

Zkušební ústav v Brně používá metodu Strip a Grab pro zkoušku tahem, ale vyhodnocení jako je Poissonův poměr neprovádí. Z tohoto důvodu nemohu zjistit jaké hodnoty bude mít Poissonův poměr pro různé textilní materiály.

Určováním Poissonova poměru se zabývala Simona Jevšnik [12]. Všichni předešní výzkumníci a inženýři měli stejný cíl; chtěli vytvořit počítačový model látky, která se bude chovat realisticky jako lidský oděv. K vytvoření realistického modelu látky je potřeba určení Youngova modulu pružnosti v osnově a útku, modulu pružnosti ve smyku, toušťky látky a Poissonův poměr.

Experimentální určení Youngova modulu pružnosti a modulu pružnosti ve smyku nedělá problémy v současnosti použitím velmi dobrého měřicího zařízení.

Zjištění Poissonova poměru látky je komplikovanější pro různé druhy materiálů. Problémem je, že tkaniny jsou nelineární a nehomogenní materiály a podléhají velkým deformacím dokonce při malé vnější síle namáhání.

Výpočty pro Poissonův poměr na základě tahového modulu ve směru osnovy a ve směru útku jsou popsány od Wu Z. a Au C.K. Zuen Mattew (Mechanical properties of fabric materials for draping simulations. International Journal Of Clothing Science and technology, 2003, 15, 1, pp. 56-68.) Poissonův poměr je vypočtený jako poměr absolutních hodnot mezi relativním zkrácením v příčném směru a relativní roztažením ve směru podélném. Hodnota Poissonova poměru dokazuje, že způsob prodloužení látky je úplně jiný, než u ostatních materiálů.

Nejdůležitější vlivy na vlastnosti tkanin jsou jejich konstrukční parametry a vlastnosti útkových a osnovních nití. To ovlivňuje i velikost Poissonova poměru.

Nová metoda pro určování Poissonova poměru pro tkaninu je na základě změření příčné deformace (změna tloušťky látky) během tahové zkoušky a podélného prodloužení.

Simona Jevšnik použila ve svém experimentu obě metody na určování Poissonova poměru na tkaninách v plátňové a krepové vazbě.

Při prvním zkoušení použila vzorky 300mm x 50mm, na které ve středu vyznačila čtverec o 30 x 30 mm. Vzorek byl namáhán do 1% prodloužení. Následně změřila prodloužení ve směru namáhání a zúžení ve směru kolmém na směr namáhání. V druhé zkoušce použila měřicí systém KES FB pro nový princip určování Poissonova poměru. A použila pro výpočet vzorec:

$$\nu = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} [1] \quad (29)$$

ε_1 ...je relativní zkracování v příčném směru

ε_2 ...je relativní natažení v podélném směru

Výsledkem bylo zjištění, že při prvním zkoušení jsou hodnoty Poissonova poměru přibližně o jedno desetinné místo větší než u zkoušky druhé. Nevýhodou druhé zkoušky je nepatrná změna tloušťky látky a její obtížné přesné změření.

[12]

6. Experimentální část

Byly použity dva druhy měření pro zjištění Poissonova poměru.

V prvním měření byl zjišťován poměr relativní příčné kontrakce ε_x (záporné prodloužení) ve směru kolmém na zatížení k relativnímu prodloužení ε_y ve směru zatížení. Toto měření bylo prováděno na přístroji LabTest. Vliv na velikost Poissonova poměru má upínací délka vzorků, proto byl analyzován vliv velikosti upínací délky na míru PP (Poissonova poměru).

V druhém měření byl zjišťován poměr relativní změny tloušťky materiálu ε_z ve směru kolmém na zatížení k relativnímu prodloužení ε_y ve směru zatížení. Toto měření bylo prováděno na přístroji KAWABATA, protože nemohlo být realizováno na přístroji LabTest. Vliv upínací délky na PP zde nebyl sledován, z důvodu nemožnosti nastavení vhodných měřících podmínek (délka objektivu neumožňovala jeho správnou polohu oproti snímanému poli).

Pro obě měření byly použité stejné podmínky. Zkoušky byly prováděny v maximálním zatížení 490 N/m. Toto zatížení odpovídá běžnému namáhání materiálu během nošení oděvu.

6.1. Popis měřených vzorků

Byly použité dva typy textilií a to rezné (v Dú 8,8 a Dú 13) a upravené (dvě v atlasové vazbě a jedna v krepové), proto abychom zjistili, jaký vliv má úprava tkanin na sledovaný parametr PP.

Textilie 1 a 2 má stejné materiálové složení a vazbu, ale rozdílnou dostavu útku. Byly voleny proto, abychom zjistili jaký vliv na Poissonův poměr bude mít dostava.

Skupina	Označení	Materiálové složení	Do/10cm	Dú/10cm	Vazba	Plošná hmotnost [g/m ²]
A	1.	100% PP	218	88	plátňová	101
	2.			130	plátňová	122
B	3.	100% CO	520	410	atlasová	105
	4.	PL/VI	590	270	atlasová	160
	5.	100% PL	360	290	krepová	150

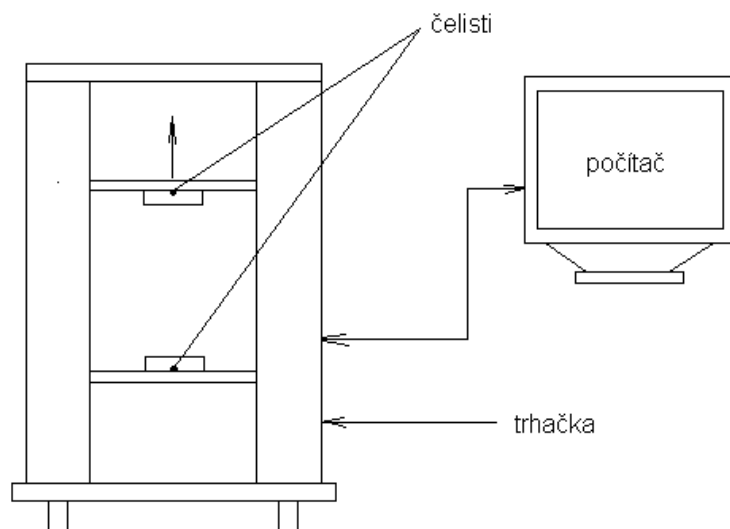
Tab. 3 Popis měřených vzorků

6.2. Měření číslo 1

6.2.1. Popis přístroje LabTest

Trhací stroj LabTest je řízený aplikačním softwarem LabTest II. Program pracuje pod operačním systémem Windows s NT. 4.0 nebo Windows 2000.

Trhací přístroj je dvousloupcový elektromechanický stroj. Rám je složen ze spodního pevného příčku, vodících sloupců a závitových vřeten. Zatěžovací rám je ve stolní variantě bez ukotvení na nohách tlumených proti chvění. V pracovním prostoru je možno provádět zkoušky v tahu, tlaku a střídavým zatížením.



Obr. 10 Schéma přístroje LabTest

Technické údaje stroje

Typ stroje	LabTest 2.05
Měřicí rozsah	5kN
Provedení – dvou sloupkové	
Maximální dráha příčku	1000 mm
Maximální rychlost	500 mm/min
Výška	1350 mm
Šířka	782 mm
Hmotnost	145 kg
Šířka pracovního prostoru	462 mm
Regulační rozsah	1:50 000
Rozlišení polohy příčku	0,001 mm

6.2.2. Podmínky měření 1

Pro vzorky o upínací délce 100 a 150 mm

Síla pro předpětí	F_0 [0,25 N]
Rychlost posuvu příčnicku	V [0,2 mm/sec]
Konec zkoušky při dosažení síly	24,5 [N]

Pro vzorky o upínací délce 200 mm

Síla pro předpětí	F_0 [2 N]
Rychlost posuvu příčnicku	V [100mm/sec]
Konec zkoušky při prodloužení	1,5 [%]

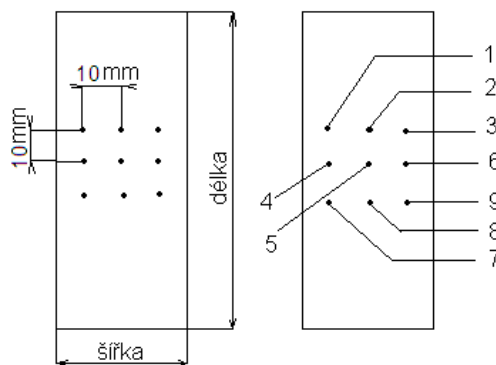
Bylo použito bodové osvětlení

Zatěžující síly na tkaninu při nošení oděvu jsou minimální. Podmínky měření byly nastaveny tak, aby zatížení odpovídalo běžnému namáhání tkaniny při nošení oděvu.

6.2.3. Příprava vzorků

Pro zjišťování Poissonova poměru z tahové zkoušky bylo použito 5 různých tkanin. Tyto tkaniny byly nastříhány v upínacích délkách 50, 100, 150, 200 mm a šířce 60 mm. Šířka byla vypárána z každé strany o 5 mm, tak aby výsledná šíře vzorků byla 50 mm. Od každé tkaniny a každé délky bylo střiženo 5 vzorků.

Na středu každého vzorku bylo vyznačeno 9 bodů vzdálených od sebe 10 mm.



Obr. 11 Naznačení bodů na vzorky

6.2.4. Program LUCIA

Program LUCIA je program, pro snímání a analýzu obrazu za pomoci kamery. Můžeme nastavit dobu a interval pro snímání

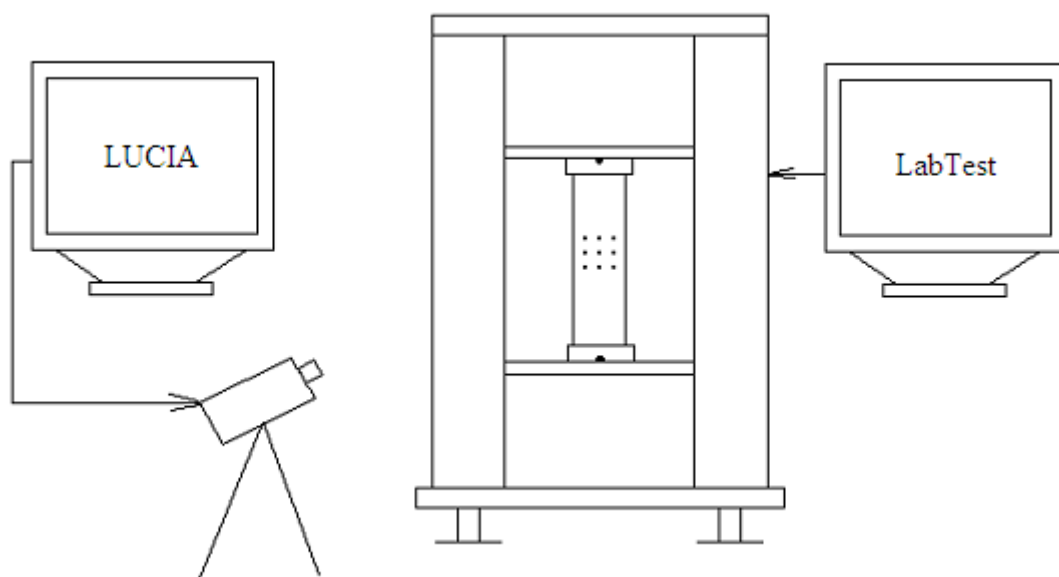
6.2.5. Princip měření

Měření číslo 1 bylo prováděno pouze ve směru osnovy.

Vzorek byl upnut do čelistí přístroje dle normy popsané v příloze (příloha 6). Nyní byla umístěna kamera na stativ a nastavena tak, aby byly dobře zaostřené a viditelné vyznačené body.

Byl zaznamenáván průběh zkoušky a snímky deformace vzorků.

Zkouška byla provedena podle podmínek měření číslo 1, které jsou uvedené výše (6.2.2.). Zatížení odpovídá hodnotám aplikovaných v rámci testování tahových vlastností textilií pomocí zařízení KES(Kawabata Evaluation System), cca 490 N/m. Přepočítáním na upínací šířku 5 cm dostaneme zatížení 24,5 N.



Obr. 12 Schéma měření 1



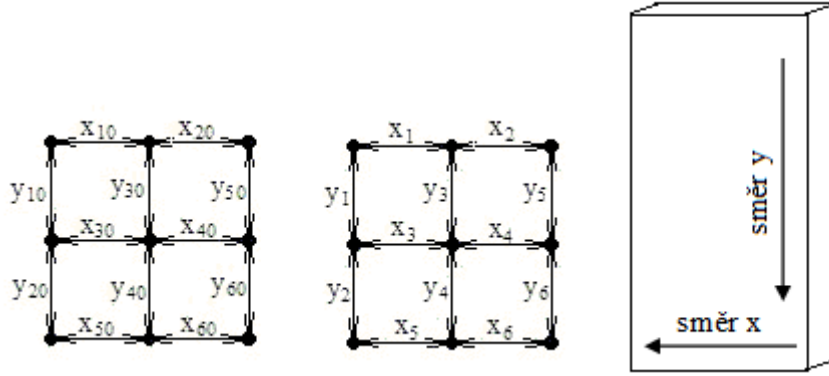
Obr. 13 LabTest - umístění kamery a upnutí vzorku

6.2.6. Výpočet Poissonova poměru

Výpočet PP byl proveden na základě prvního a posledního snímku z každého vzorku. První snímek zobrazuje vzorek po jeho upnutí do čelistí a poslední snímek zobrazuje vzorek po skončení zkoušky před návratem čelistí do výchozí polohy.

Z prvního snímku byly změřeny vzdálenosti bodů x_{10} , x_{20} , x_{30} , x_{40} , x_{50} , x_{60} a y_{10} , y_{20} , y_{30} , y_{40} , y_{50} , y_{60} .

Z posledního snímku byly změřeny vzdálenosti bodů x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , x_5 , x_6 a y_1 , y_2 , y_3 , y_4 , y_5 , y_6 .



Obr. 14 Schéma měření vzdálenosti mezi jednotlivými body a směry namáhání vzorku

V dalším kroku byly odečteny naměřené hodnoty z posledního snímku od naměřených hodnot z prvního snímku a vyděleny hodnotami z prvního snímku. Následně byl vypočítán z těchto hodnot průměr, který byl dosazen do vzorce pro výpočet Poissonova poměru.

$$\varepsilon_x = \frac{\frac{x_{10}-x_1}{x_{10}} + \frac{x_{20}-x_2}{x_{20}} + \frac{x_{30}-x_3}{x_{30}} + \frac{x_{40}-x_4}{x_{40}} + \frac{x_{50}-x_5}{x_{50}} + \frac{x_{60}-x_6}{x_{60}}}{6} \quad (30)$$

$$\varepsilon_y = \frac{\frac{y_{10}-y_1}{y_{10}} + \frac{y_{20}-y_2}{y_{20}} + \frac{y_{30}-y_3}{y_{30}} + \frac{y_{40}-y_4}{y_{40}} + \frac{y_{50}-y_5}{y_{50}} + \frac{y_{60}-y_6}{y_{60}}}{6} \quad (31)$$

Tento postup byl aplikován u vyhodnocení celého testovaného souboru textilií.

Poissonův poměr byl počítán podle vzorce.

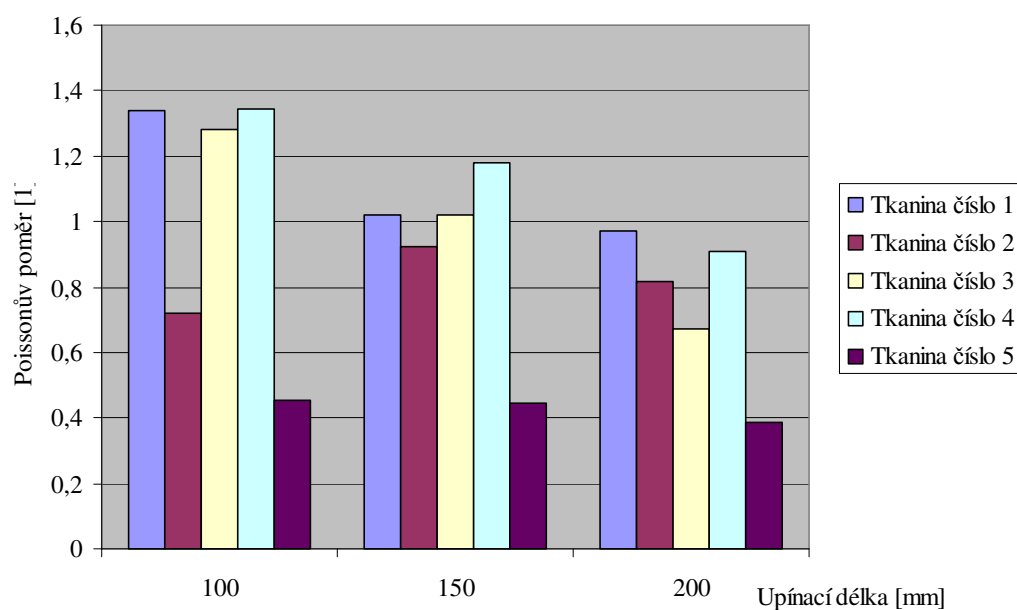
$$\nu_{xy} = -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_y} [1] \quad (32)$$

Poměr relativní příčné kontrakce ε_x (záporné prodloužení) ve směru kolmém na zatížení k relativnímu prodloužení ε_y ve směru zatížení.

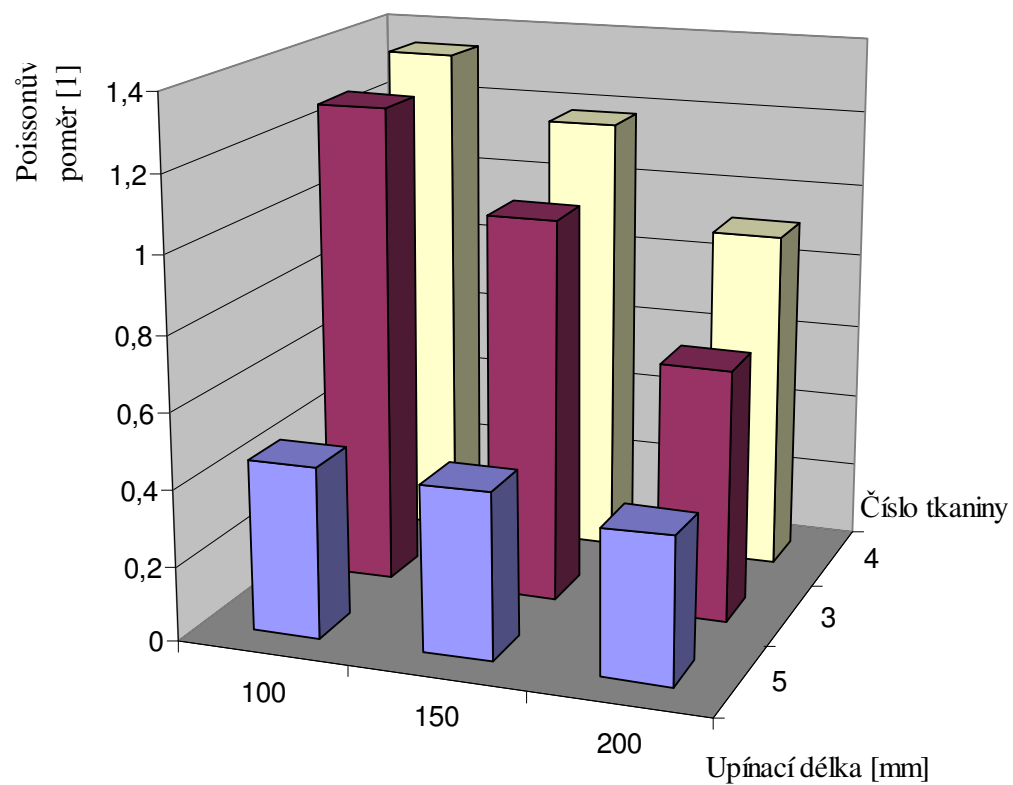
V následující tabulce jsou zaznamenány průměrné hodnoty Poissonova poměru.

	Číslo tkaniny	Poissonův poměr [1]		
		Upínací délka 100 mm	Upínací délka 150 mm	Upínací délka 200 mm do prodloužení 1,5 %
Režné	1.	1,34	1,02	0,97
	2.	0,72	0,92	0,82
Upravené	3.	1,28	1,02	0,67
	4.	1,3	1,18	0,91
	5.	0,45	0,44	0,37

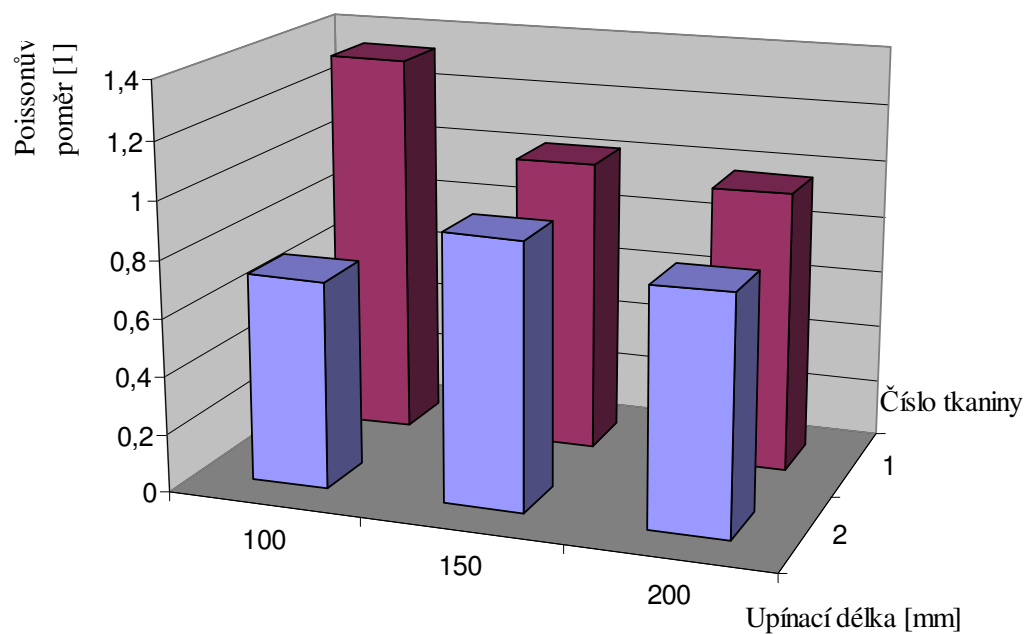
Tab. 4 Průměrné hodnoty Poissonova poměru pro měření 1



Obr. 15 Graf pro upravené a režné tkanin



Obr. 16 Graf pro upravené tkaniny v atlasové vazbách a v krepové vazbě



Obr. 17 Graf pro rezné tkaniny se stejným materiálovým složením s dostavou Dú 8,8 a Dú 13

Z výsledků (viz výše uvedené grafy obr. 14, 15, 16 a tabulka 4) vyplývá následující: čím větší upínací délka, tím nižší hodnota Poissonova poměru. Odlišnost vykazuje materiál č.2 (režná tkanina s dostavou Dú13), kde vybočuje hodnota Poissonova poměru měřená při upínací délce 150 mm. Tento výsledek může být ovlivněn tím, že nebyly voleny ideální podmínky měření. Ovlivnění je také malým počtem měření, kde nelze zjistit, které hodnoty jsou vybočující. Bylo by vhodné volit speciální přístroj pro měření PP.

Dále experiment prokázal vliv dostavy na velikost Poissonova poměru. Hodnota PP roste se zvyšující se dostavou (viz hodnoty PP u materiálu č.1 a 2 - textilie stejného materiálového složení a vazby, liší se pouze v dostavě útku.). Z důvodu časové náročnosti měření, byl zkoumán jenom vliv změny dostavy v útku na PP.

6.3. Měření číslo 2

6.3.1. Popis přístroje Kawabata

Tento stroj je nový automatizovaný model tahového a smykového testeru, který měří míru tahové vlastnosti a smyk tkanin, netaných textilií filmů jedním strojem. Zaznamenává data tahové síly a prodloužení v procentech, smykovou tuhost, zotavení, atd.

Vzorek se upíná automaticky aktivováním startovacího tlačítka. Napětí uvnitř upnutí je odstraněné automaticky, tím chyby v měření mezi operátory jsou značně sníženy a přesnost dat zvýšena.

Data jsou zaznamenána v koordinátoru a zpracována v osobním počítači. Tento stroj je široce užíván pro šatové látky, látky využívané v lékařství, atd.

6.3.2. Podmínky zkoušky 2

Podmínky zkoušky byly nastaveny tak, aby namáhání tkaniny odpovídalo namáhání při běžném nošení oděvu.

Posun čelistí V 0,2 mm/sec

Upínací délka 50 mm

Šířka vzorku 200 mm

Maximální zatížení 490 N/m

6.3.3. Příprava vzorků

Pro zjišťování Poissonova poměru z tahové zkoušky byl použit stejný výběrový soubor jako při měření 1. Tyto tkaniny byly nastříhány na 200 x 200 mm velké vzorky. Od každého materiálu 5 vzorků.

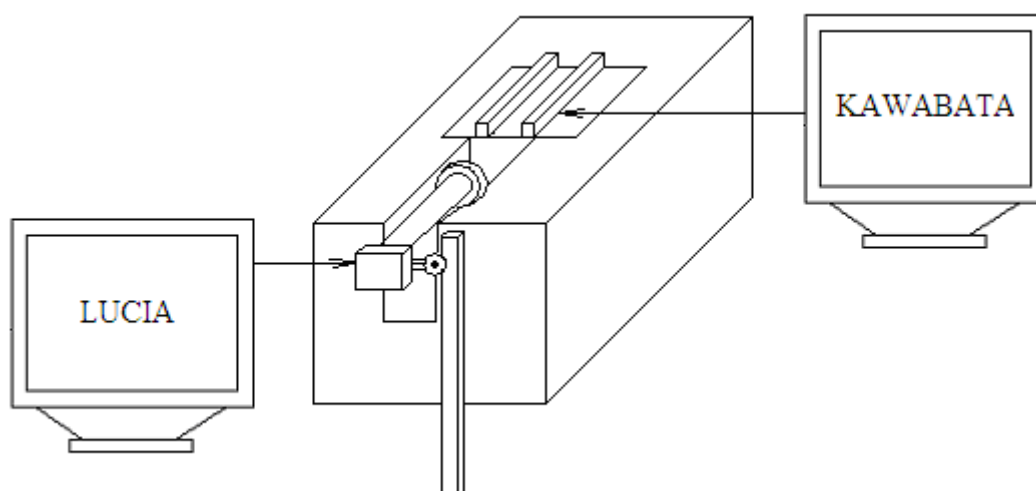
Nyní byla umístěna kamera a osvětlení tak, aby byla dobře zřetelná tloušťka tkaniny (viz obr. 18).

6.3.4. Program LUCIA

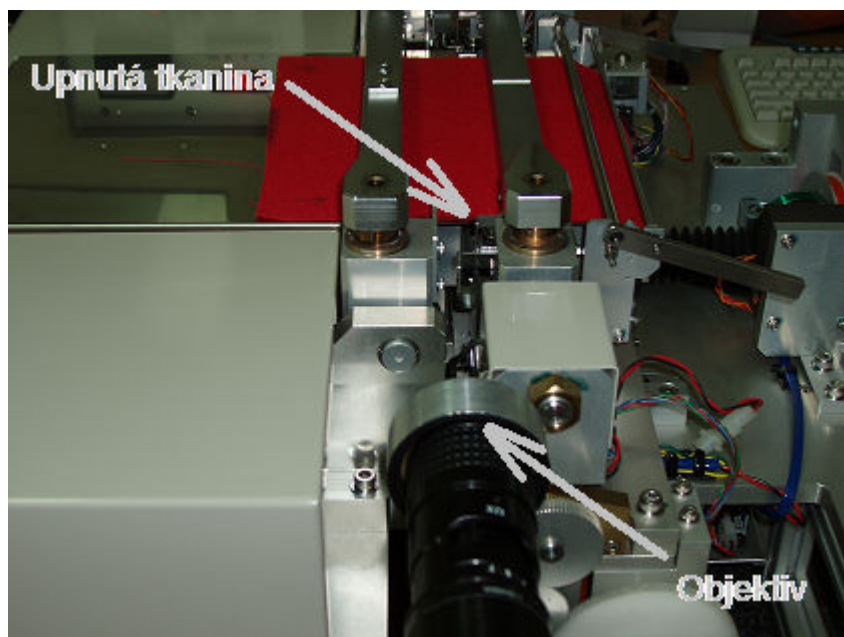
Během zkoušení kamera snímala do programu LUCIA snímky změny tloušťky tkaniny. Nyní nebylo možné nastavit konec snímání, protože přístroj KAWABATA není možné nastavit tak, aby se v maximálním zatížení zastavil. Přístroj KAWABATA se po dosažení maximálního zatížení vrací do výchozí polohy a uvolňuje upnutý vzorek.

6.3.5. Princip měření

Po spuštění přístroje byl vzorek upnut. Nyní mohla být spuštěna tahová zkouška a zároveň systém obrazové analýzy LUCIA G. Synchronizovaně byl zaznamenáván průběh tahové zkoušky a snímky zobrazující deformaci textilie (konkrétně změnu tloušťky textilie) při axiálním tahovém namáhání (viz. obr. 20).



Obr. 18 Schéma měření 2

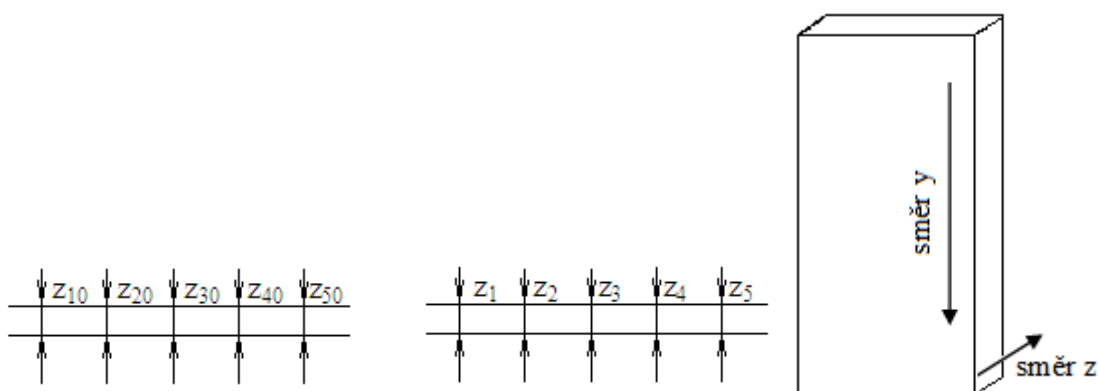


Obr. 19 Kawabata - pohled nad objektivem kamery směrem na vzorek

6.3.6. Výpočet Poissonova poměru

Ze snímků pořízených systémem obrazové analýzy byly pro další analýzu vybrány poslední a první snímek z každého vzorku. První snímek zobrazuje vzorek po upnutí do čelistí a poslední snímek zobrazuje stav deformace vzorku po skončení zkoušky před návratem čelistí do výchozí polohy.

Na prvním a posledním snímku byla změřena tloušťka tkaniny na 5 různých místech.



Obr. 20 Schéma měření tloušťky materiálu a směry namáhání vzorku

$$\varepsilon_z = \frac{\frac{z_{10} - z_1}{z_{10}} + \frac{z_{20} - z_2}{z_{20}} + \frac{z_{30} - z_3}{z_{30}} + \frac{z_{40} - z_4}{z_{40}} + \frac{z_{50} - z_5}{z_{50}}}{5} \quad (33)$$

Poissonův poměr byl počítán podle následujícího vztahu:

$$\nu_{zy} = -\frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_y} [1] \quad (34)$$

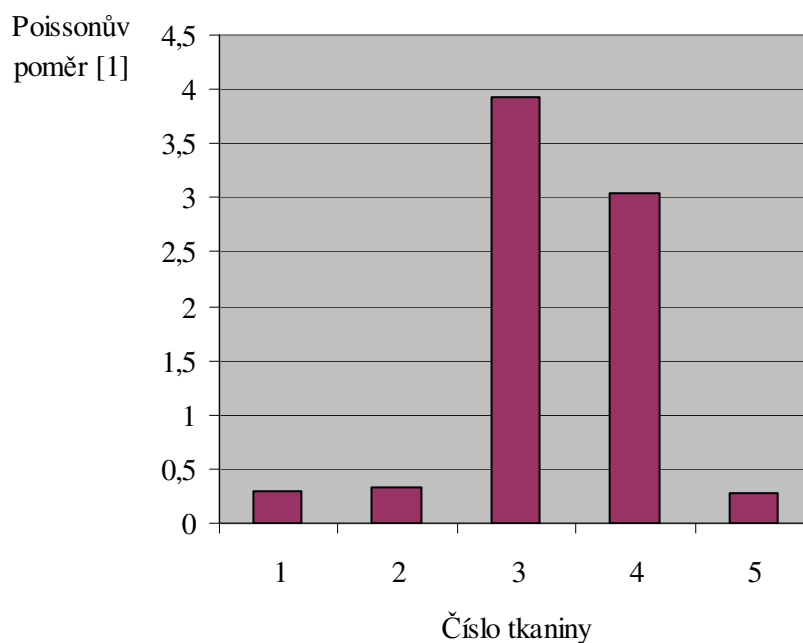
Poměr relativní změny tloušťky materiálu ε_z ve směru kolmém na zatížení k relativnímu prodloužení ε_y ve směru zatížení.

V následující tabulce jsou zaznamenány průměrné hodnoty Poissonova poměru

Ve směru osnovy:

	Číslo tkaniny	Poissonův poměr [1]
Režné	1	0,3
	2	0,34
Upravené	3	3,92
	4	3,03
	5	0,27

Tab. 5 Průměrné hodnoty Poissonova poměru pro měření 2 ve směru osnovy

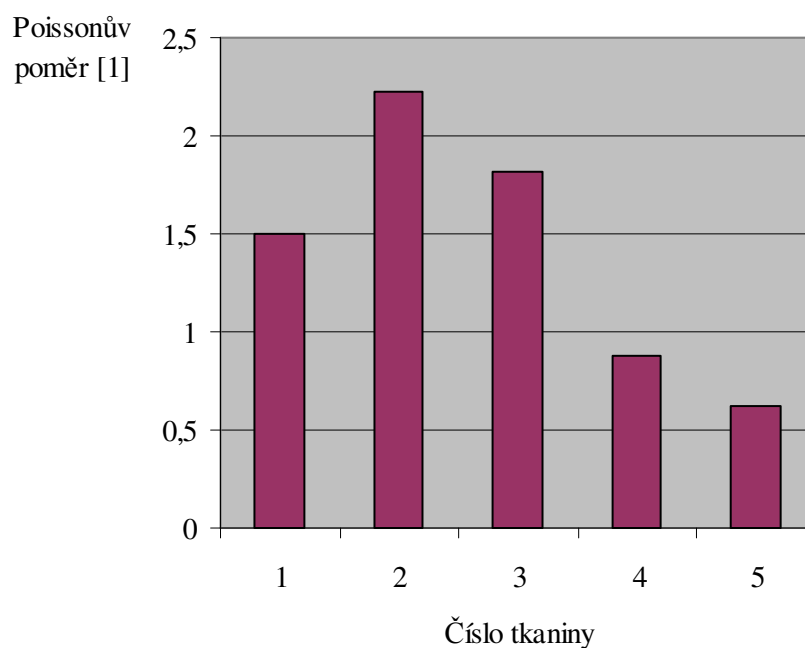


Obr. 21 Graf velikosti Poissonova poměru pro měření 2 ve směru osnovy

Ve směru útku:

	Číslo tkaniny	Poissonův poměr [1]
Režné	1	1,5
	2	2,22
Upravené	3	1,82
	4	0,87
	5	0,63

Tab. 6 Průměrné hodnoty Poissonova poměru pro měření 2 ve směru útku



Obr. 22 Graf velikosti Poissonova poměru pro měření 2 ve směru útku

Velikost hodnoty Poissonova poměru pro tkaninu 1., 2., a 5. ve směru osnovy je znatelně nižší než velikost hodnoty Poissonova poměru ve směru útku.

Pro tkaninu 3. a 4., které jsou obě v atlasové vazbě je tomu naopak. Nižší je hodnota Poissonova poměru ve směru útku a vyšší ve směru osnovy.

Ve směru osnovy pro tkaninu 3. a 4. jsou mnohem vyšší hodnoty Poissonova poměru než pro ostatní tkaniny. To by mohlo být ovlivněno velkou dostavou a vazbou (v atlasové vazbě je nižší počet provázaných nití).

Závěr

Cílem práce bylo analyzovat vliv velikosti upínací délky na míru Poissonova poměru.

Vzhledem k tomu, že plošné textilie jsou materiály anizotropní, nehomogenní, viskoelastické nelze měřit Poissonův poměr pouze v jednom směru, jako u klasických strojírenských materiálů (např. ocel), které vykazují charakteristiky izotropních, elastických a homogenních struktur. Proto bylo navrženo měření ve dvou směrech (směr v_{xy} obr. 14 a směr v_{zy} obr. 20).

Jako testovaný soubor materiálů bylo zvoleno 5 tkanin. První podskupina obsahovala 2 různé tkaniny podobných strukturních parametrů: stejná vazba, jemnost použitých přízí v osnově a útku, stejná dostava v osnově. Jediný parametr, ve kterém se materiály lišily byla dostava v útku, a právě tento parametr poskytl kromě možnosti analýzy vlivu velikosti upínací délky na PP také možnost sledování změny míry PP v závislosti na změně dostavy v útku. Druhou podskupinu tvořily materiály upravené. Byli použité jiné materiály různé a upravené z důvodu, že nebyly tyto různé materiály i v upravené podobě k dispozici.

Měření číslo 1:

Zde byl sledován vliv 3 upínacích délek (ve velikosti 100, 150, 200 mm) na výslednou hodnotu PP. Pro vlastní měření, charakteristik potřebných pro výpočet PP, bylo sestaveno speciální pracoviště skládající se z kombinace přístroje LabTest viz kapitola 6.2 a systému obrazové analýzy Lucia G. Dosazením poměrné kontrakce (směr x) ku poměrnému prodloužení (směr y) byl vypočítán Poissonův poměr viz kapitola 6.2.6. Toto měření bylo provedeno pouze ve směru osnovy

Výsledky grafů (viz. obr. 15, 16 a 17) potvrdily předpoklad o vlivu upínací délky testovaných vzorků na velikost hodnoty Poissonova poměru. Čím je větší upínací délka, tím je hodnota Poissonova poměru nižší.

Pouze změnu vykazuje druhá tkanina, která je různá s dostavou Dú13. U této tkaniny vybočuje hodnota Poissonova poměru v upínací délce 150 mm. Přesnost výsledků může být ovlivněn řadou faktorů jako: nedodržení stejných podmínek měření (špatné upnutí textilie, vysoké předpětí při upínání, chvění testovacího zařízení KB-1), chyba při vyhodnocování snímků deformace během namáhání (špatné měřítko, kalibrace systému) nebo malý počet měření (kdy lze obtížně definovat, které hodnoty jsou vybočující, a které můžeme považovat za vypovídající).

Časová náročnost prováděných měření značně omezila , jejich počet .

Výsledky měření 1 potvrdily také vliv dostavy na velikost Poissonova poměru. Čím je dostava větší, tím je vyšší i hodnota Poissonova poměru. Toto se projevilo u tkaniny 1. a 2., které jsou ve stejném složení a vazbě, pouze se liší v dostavě útku.

Měření číslo 2:

V tomto měření byl zkoušen soubor textilií, jako v prvním měření viz 6.2. Upínací délka byla 50 mm a zkouška byla prováděna ve směru osnovy a útku na přístroji Kawabata viz kapitola 6.3. Měření 2 nebylo možné provádět pro více upínacích délek z důvodu pevné upínací délky na Kawabata přístroji. Na LabTestu toto měření nemohlo být provedeno, pro velký objektiv kamery. Kamera nelze umístit tak, aby snímala změnu tloušťky materiálu. Z tohoto důvodu mohly být měřeny vzorky pouze v upínací délce 50 mm.

Dosazením poměrné změny tloušťky materiálu (směr z) ku poměrnému prodloužení (směr y) byl vypočítán Poissonův poměr viz kapitola 6.3.6. Velikost hodnoty Poissonova poměru ve směru osnovy je znatelně nižší než velikost Poissonova poměru ve směru útku (viz. tab. 4 a 5).

Pouze změnu vykazuje 3. a 4. tkanina, které jsou obě v atlasových vazbách. U těchto tkanin je velikost Poissonova poměru větší ve směru útku než ve směru osnovy.

Trend už ale nevykazuje porovnání Poissonova poměru z měření 1. upínací délky 100 mm a z měření 2. upínací délky 50 mm pouze ve směru osnovy.

Pro přesnější výsledky by měl být použit speciální přístroj např. s čidly, které by naléhaly přímo na vyznačené body na vzorcích a nebo na tloušťku materiálu. Dále by chtělo odstranit vliv chvění přístroje, při průběhu zkoušky.

Toto byl první pokus jak realizovat měření za účelem zjištění Poissonova poměru. Ukázalo se, že výsledky jsou nepřesné a je třeba navrhnout lepší přesnější měření.

Poissonův poměr je velice důležitý při analýze splývavosti textilních materiálů. Důležitý pro zjišťování mechanismu deformace, omezující prodloužení vzorku při zvýšeném nesouvislém napětí.

Poissonův poměr je důležité zahrnout do kalkulací počítačově modelovaných realistických textilií a tím lépe získat celkové anizotropní vlastnosti materiálu. Pro simulaci textilií se standardně používá Poissonův poměr viz 1. měření. Ale je možné použít i jinak zjišťované Poissonovy poměry.

Seznam použité Literatury

- [1] J. Amirbayat – An improved analysis of bagging of textile fabric, Part I: theoretical
<http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/0580180501.html>
- [2] A Study of Fabric Deformation Using Nonlinear Finite Elements
L. GANANDN. G. LY
CSIRO Division of Wool Technology, Sydney Laboratory, Ryde, NSW 2112, Australia
G. P. STEVEN
School of Aeronautics Engineering, University of Sydney, NSW 2006, Australia
- [3] The Dynamics of Fabric Drape
JACQUELINE R. POSTLE AND RON POSTLE
Department of Textile Technology, University of New South Wales, Sydney 2052, Australia
- [4] <http://www.sweb.cz/radek.jandora/f07.htm>
- [5] Simulace ohybové tuhosti plošných textilií s využitím FEM, diplomová práce 2004, Jarmila Vítová
- [6] <http://www.mae.ncsu.edu/directories/faculty/eischen/AKPeters-Chap4.pdf>
- [7] Nauka o materiálu, Ing. Ján Alaxin, Csc. a kolektiv, Liberec 1989, fakulta strojní
- [8] Prof. Ing. Radko Kovář, CSc.
<http://www.ft.vslib.cz/database/skripta/data/2003-02-17/11-56-57.pdf>
- [9] <http://www.ft.vslib.cz/database/skripta/data/2006-03-22/12-37-19.pdf>
- [10] Ing. Jaroslav Staněk, Nauka o textilních materiálech, Díl I., Část 4., Vlastnosti délkových a plošných textilií
- [11] <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/20060302/ztbs.pdf>
- [12] Determining the Poisson ratio of woven fabric, Simona Jevšnik, Univerzita Maribor, fakulta strojírenství, institutu textilních materiálů a Design, Smetanova 17, 2000 Maribor, Slovinsko
- [13]] Norma ČSN EN ISO 13934-1 Textilie - Tahové vlastnosti plošných textilií - Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip
- [14] <http://www.ft.vslib.cz/database/skripta/data/2006-12-18/10-35-33.ppt#306,1,5.6>
Reologie plošných textilií úvodní poznámky – „under reconstruction“

[15] Ing. Alexander Kanócz, Ing. Miroslav Španiel - Metoda konečných prvků
v mechanice poddajných těles

[16] Christopher G. Provatidis - School of Mechanical Engineering, National Technical
University of Athens, Greece

Savvas G. Vassiliadis - Department of Electronics, Technological Education Institute of
Piraeus, Athens, Greece

Eleni A. Anastasiadou - School of Mechanical Engineering, National Technical
University of Athens, Greece

Contact mechanics in two-dimensional finite element modelling of fabrics

Seznam obrázků

- Obr. 1 Obr. 1 Stavba monokrystalu a) a stavba polykrystalu b)
- Obr. 2 Schéma zatěžování tyče klasického strojírenského materiálu při tahové zkoušce
- Obr. 3 Pracovní diagram závislosti mezi napětím a prodloužením tyče
- Obr. 4 Polární diagram při tahové zkoušce
- Obr. 5 Vzorky pro pleteninu a tkaninu při tahové zkoušce
- Obr. 6 tahové křivky tkanin a pletenin
- Obr. 7 Polární diagram pro namáhání textilie ve více směrech
- Obr. 8 Tahový diagram nárůstu síly a prodloužení
- Obr. 9 Závislost součinitele příčné kontrakce hmoty na deformaci při zachování objemu
- Obr. 10 Schéma přístroje LabTest
- Obr. 11 Naznačení bodů na vzorky
- Obr. 12 Schéma měření 1
- Obr. 13 LabTest - umístění kamery a upnutí vzorku
- Obr. 14 Schéma měření vzdálenosti mezi jednotlivými body a směry namáhání vzorku
- Obr. 15 Graf pro upravené a režné tkanin
- Obr. 16 Graf pro upravené tkaniny v atlasové vazbách a v krepové vazbě
- Obr. 17 Graf pro režné tkaniny se stejným materiálovým složením s dostavou Dú 8,8 a Dú 13
- Obr. 18 Schéma měření 2
- Obr. 19 Kawabata - pohled nad objektivem kamery směrem na vzorek
- Obr. 20 Schéma měření tloušťky materiálu a směry namáhání vzorku
- Obr. 21 Graf velikosti Poissonova poměru pro měření 2 ve směru osnovy
- Obr. 22 Graf velikosti Poissonova poměru pro měření 2 ve směru útku

Seznam tabulek

- Tab. 1 Poissonův poměr pro strojírenské materiály
- Tab. 2 Výsledky z tahových zkoušek pro pleteniny
- Tab. 3 Popis měřených vzorků
- Tab. 4 Průměrné hodnoty Poissonova poměru pro měření 1
- Tab. 5 Průměrné hodnoty Poissonova poměru pro měření 2 ve směru osnovy
- Tab. 6 Průměrné hodnoty Poissonova poměru pro měření 2 ve směru útku

Seznam příloh

Příloha č. 1 Měření číslo 1

Příloha č. 2 Měření číslo 2

Příloha č. 3 Snímky z obrazové analýzy tloušťky tkanin

Příloha č. 4 Vzorky měřených tkanin

Příloha č. 5 Norma

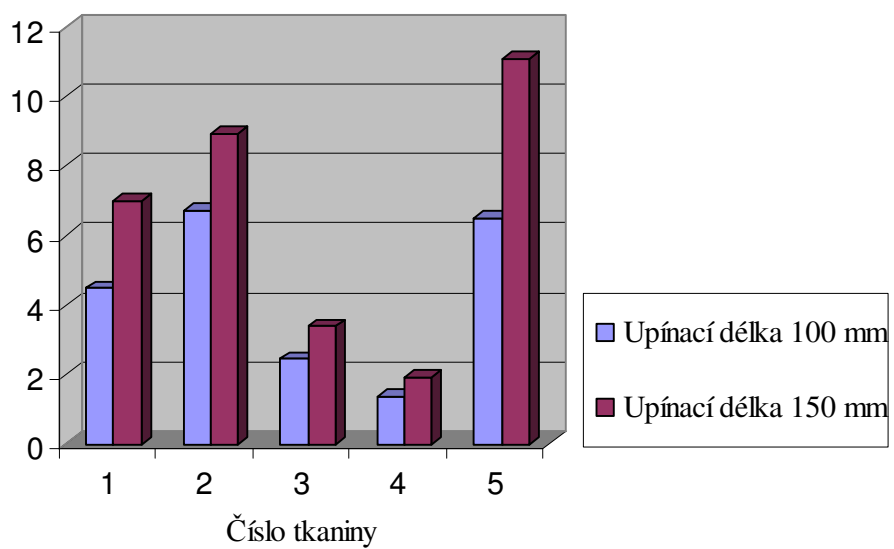
Příloha 1

Měření číslo 1

Prodloužení vzorků [mm]

	Číslo tkaniny	Prodloužení Δl [mm]		
		Upínací délka 100 mm	Upínací délka 150 mm	Upínací délka 200 mm
Režné	1.	4,48	7	Přístroj byl nastaven do 3 mm prodloužení vzorku
	2.	6,7	8,92	
Upravené	3.	2,43	3,37	
	4.	1,38	1,91	
	5.	6,5	11,1	

Prodloužení [mm]



$$\text{Relativní prodloužení } \varepsilon [\%] \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100\%$$

	Číslo tkaniny	Relativní prodloužení ε [%]		
		Upínací délka 100 mm	Upínací délka 150 mm	Upínací délka 200 mm
Režné	1.	4,48	4,7	Přístroj byl nastaven do 1,5 % prodloužení vzorku
	2.	6,7	5,94	
Upravené	3.	2,43	2,25	
	4.	1,38	1,16	
	5.	6,5	7,4	

	Číslo tkaniny	Prodloužení Δl [mm]		
		Upínací délka 100 mm	Upínací délka 150 mm	Upínací délka 200 mm
Režné	1.	4,60	6,6	Přístroj byl nastaven do 3 mm prodloužení vzorku
		4,43	6,6	
		4,39	7,1	
		4,35	7,3	
		4,64	7,3	
	2.	6,4	9,08	
		7,0	9,14	
		7	8,53	
		7,2	9,07	
		6,1	8,75	
Upravené	3.	2,56	3,17	
		2,43	3,21	
		2,32	3,36	
		2,35	3,56	
		2,51	3,58	
	4.	1,33	1,69	
		1,38	1,9	
		1,48	1,91	
		1,36	1,91	
		1,35	2,15	
	5.	7,4	11,0	
		6,6	10,9	
		6,1	11,7	
		6,6	10,8	
		6	11,1	

	Číslo tkaniny		Upínací délka 100 mm	Upínací délka 150 mm
Režné	1.	Průměr \bar{x} [mm]	4,484036	6,980816
		Medián \tilde{x} [mm]	4,41284	6,876605
		Rozptyl s^2	0,0176234	0,10815576
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [mm]	0,1327531	0,3288708
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	2,9605717	4,7110652
		95% IS [mm]	<4,4246672; 4,543405>	<6,5719461; 7,3896859>
	2.	Průměr \bar{x} [mm]	6,734562	8,91578
		Medián \tilde{x} [mm]	6,68075	8,91618
		Rozptyl s^2	0,20573231	0,06924421
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [mm]	0,4535769	0,2631425
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	6,73506	2,9514249
		95% IS [mm]	<6,1706508; 7,2984732>	<8,5886271; 9,2429329>
Upravené	3.	Průměr \bar{x} [mm]	2,432262	3,374514
		Medián \tilde{x} [mm]	2,38631	3,28271
		Rozptyl s^2	0,01084649	0,01731105
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [mm]	0,104146	0,1315712
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	4,2818578	3,8989674
		95% IS [mm]	<2,3027821; 2,5617419>	<3,2109376; 3,5380904>
	4.	Průměr \bar{x} [mm]	1,378802	1,914412
		Medián \tilde{x} [mm]	1,35193	1,90615
		Rozptyl s^2	0,00271162	0,02615177
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [mm]	0,052073	0,1617148
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	3,77668	8,4472308
		95% IS [mm]	<1,314062; 1,443542>	<1,7133595; 2,1154645>

Upravené	5.	Průměr \bar{x} [mm]	6,516676	11,08382
		Medián \tilde{x} [mm]	6,33987	10,95475
		Rozptyl s^2	0,30253925	0,11528597
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [mm]	0,5500356	0,3395377
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	8,4404324	3,0633912
		95% IS [mm]	<5,8328422; 7,2005098>	<10,661688; 11,505952>

	Číslo tkaniny	Poissonův poměr		
		Upínací délka 100 mm	Upínací délka 150 mm	Upínací délka 200 mm do prodloužení 1,5 %
Režné	1.	1,75	1,47	0,82
		1,35	1,03	0,92
		1,03	0,75	1,27
		1,21	0,58	0,89
		1,34	1,27	0,96
	2.	0,62	0,86	0,61
		0,89	0,79	0,41
		0,78	1,66	0,77
		0,49	0,72	1,08
		0,82	0,59	1,22
Upravené	3.	1,35	0,93	0,72
		1,24	0,78	0,55
		1,49	1,38	0,57
		1,39	1,28	0,81
		0,93	0,74	0,69

Upravené	4.	1,0	1,35	1,23
		1,4	0,75	0,72
		0,5	1,91	0,77
		1,8	0,99	1,10
		1,9	0,91	0,73
	5.	0,23	0,48	0,19
		0,34	0,35	0,45
		0,65	0,87	0,15
		0,51	0,32	0,56
		0,54	0,2	0,58

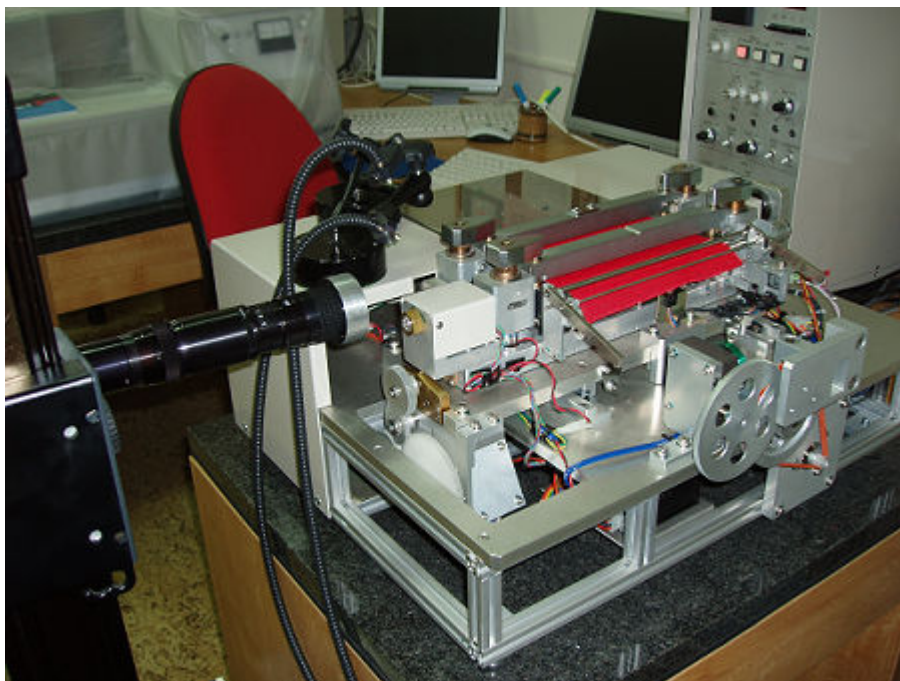
	Číslo tkaniny		Upínací d. 100 mm	Upínací d. 150 mm	Upínací d. 200 mm
Režné	1.	Průměr \bar{x} [1]	1,337419524	1,020661053	0,972527947
		Medián \tilde{x} [1]	1,275365	1,1506788	0,906735
		Rozptyl s^2	0,069322851	0,030449947	0,030449947
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [1]	0,2632922	0,3662082	0,174499
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	19,68658	35,879521	17,94282
		95% IS [1]	<1,6647585; 1,0100805>	<1,4759507; 0,5653712>	<1,1894744; 0,7555808>
	2.	Průměr \bar{x} [1]	0,719049068	0,922203194	0,817792132
		Medián \tilde{x} [1]	0,6989338	0,8250018	0,693905
		Rozptyl s^2	0,026858568	0,179686465	0,110199111
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [1]	0,1638856	0,4238943	0,3319625
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	22,79199	45,966539	40,5952
		95% IS [1]	<0,9228003; 0,5152977>	<1,4492113; 0,3951949>	<1,2305057; 0,4050784>

Upravené	3.	Průměr \bar{x} [1]	1,279158332	1,020167178	0,669635964
		Medián \tilde{x} [1]	1,2932081	1,1001748	0,63083
		Rozptyl s^2	0,046707239	0,084791757	0,027549778
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [1]	0,2161184	0,2911901	0,165981
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	16,89536	28,54337	24,78675
		95% IS [1]	<1,5478483; 1,0104683>	<1,3821903; 0,6581439>	<0,8759924; 0,2063565>
	4.	Průměr \bar{x} [1]	1,344461983	1,181694671	0,910246057
		Medián \tilde{x} [1]	1,626542278	1,1678371	0,747505
		Rozptyl s^2	0,353808861	0,215986842	0,057196645
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [1]	0,5948182	0,4647438	0,2391581
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	44,242108	39,32858	26,274008
		95% IS [1]	<2,0839719; 0,6049519>	<1,7594891; 0,6039001>	<1,2075802; 0,6129117>
	5.	Průměr \bar{x} [1]	0,453141486	0,44277496	0,386229086
		Medián \tilde{x} [1]	0,524464829	0,413471374	0,31887
		Rozptyl s^2	0,028577993	0,066215328	0,04112827
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [1]	0,1690499	0,2573233	0,2028008
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	37,30623	58,11606	52,507939
		95% IS [1]	<0,6633133; 0,2429694>	<0,762693; 0,1228567>	<0,6383618; 0,1338761>

Příloha 2

Zkouška číslo 2

Pohled na přístroj s odstraněným krytem a zaměřenou kamerou



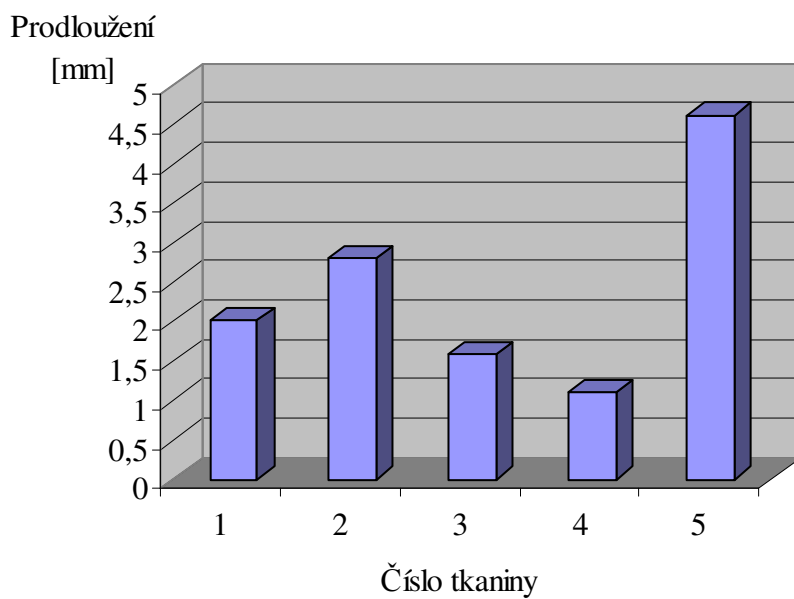
Pro směr osnovy

Upínací délka 50 mm

Tabulka s průměrnými hodnotami prodloužení

	Číslo tkaniny	Relativní prodloužení ε [%]
Režné	1	4,04
	2	5,62
Upravené	3	3,15
	4	2,20
	5	9,24

Číslo tkaniny	Prodloužení Δl [mm]
1	2,02
2	2,81
3	1,58
4	1,10
5	4,62



Tabulka s naměřenými hodnotami prodloužení

	Číslo tkaniny	Relativní prodloužení ε [%]
Režné	1	3,96
		4,3
		3,74
		3,79
		4,42
Režné	2	5,7
		5,52
		5,72
		5,42
		5,72
Upravené	3	3,05
		3,1
		3,15
		3,25
		3,22

Číslo tkaniny	Prodloužení Δl [mm]
1	1,98
	2,15
	1,87
	1,9
	2,21
2	2,85
	2,76
	2,86
	2,71
	2,86
3	1,53
	1,55
	1,58
	1,63
	1,61

Upravené	4	2,08
		2,22
		2,25
		2,3
		2,17
	5	9,71
		9,17
		9,15
		8,3
		9,88

4	1,04
	1,11
	1,13
	1,15
	1,09
5	4,86
	4,59
	4,58
	4,15
	4,94

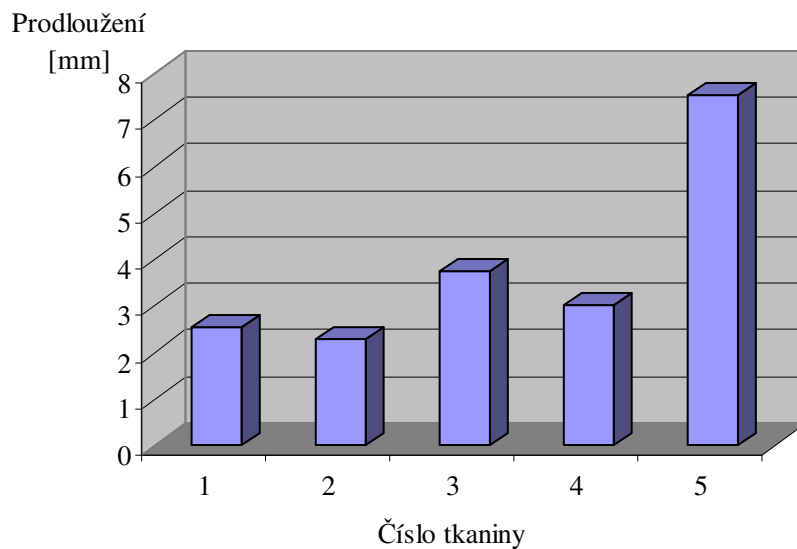
Pro směr útku

Upínací délka 50 mm

Tabulka s průměrnými hodnotami prodloužení

	Číslo tkaniny	Relativní prodloužení ε [%]
Režné	1	5,06
	2	4,57
Upravené	3	7,46
	4	6,03
	5	15,08

Číslo tkaniny	Prodloužení Δl [mm]
1	2,53
2	2,29
3	3,73
4	3,02
5	7,54



Tabulka s naměřenými hodnotami prodloužení

	Číslo tkaniny	Relativní prodloužení ε [%]
Režné	1	5,2
		4,98
		5,34
		5,2
		4,56
	2	4,76
		4,37
		4,15
		4,76
		4,83
Upravené	3	7,47
		7,2
		7,73
		7,32
		7,59

Číslo tkaniny	Prodloužení Δl [mm]
1	2,6
	2,49
	2,67
	2,6
	2,28
2	2,38
	2,19
	2,08
	2,38
	2,42
3	3,74
	3,6
	3,87
	3,66
	3,8

Upravené	4	5,76
		6,17
		5,39
		6,76
		6,08
	5	14,7
		15,9
		15,4
		14,4
		15

4	2,88
	3,09
	2,7
	3,38
	3,04
5	7,35
	7,95
	7,7
	7,2
	7,5

	Číslo tkaniny		Upínací délka 50 mm	
			Osnova	Útek
Režné	1.	Průměr \bar{x} [mm]	2,021	2,528
		Medián \tilde{x} [mm]	1,9375	2,545
		Rozptyl s^2	0,02318	0,02337
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [mm]	0,1522407	0,1528725
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	7,53293	6,0471717
		95% IS [mm]	<1,9529159; 2,089841>	<2,3379407; 2,7180593>
	2.	Průměr \bar{x} [mm]	2,80761	2,287
		Medián \tilde{x} [mm]	2,804025	2,2825
		Rozptyl s^2	0,004729811	0,0222575
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [mm]	0,0687735	0,1491894
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	2,4495404	6,5233669
		95% IS [mm]	<2,7221071; 2,8931129>	<2,1015197; 2,472803>

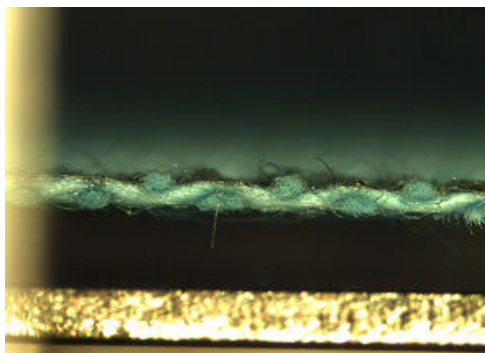
Upravené	3.	Průměr \bar{x} [mm]	1,577	3,731
		Medián \tilde{x} [mm]	1,5625	3,6975
		Rozptyl s^2	0,0017075	0,0110675
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [mm]	0,0413219	0,1052021
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	2,6202858	2,819678
		95% IS [mm]	<1,5256264; 1,6283736>	<3,6002071; 3,8617929>
	4.	Průměr \bar{x} [mm]	1,102	3,016
		Medián \tilde{x} [mm]	1,0975	3,2325
		Rozptyl s^2	0,0017575	0,0648425
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [mm]	0,0413219	0,2546419
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	3,7497187	8,4422745
		95% IS [mm]	<1,0506264; 1,1533736>	<2,6994155; 3,3325845>
	5.	Průměr \bar{x} [mm]	4,621	7,54
		Medián \tilde{x} [mm]	4,58	7,425
		Rozptyl s^2	0,0954425	0,08675
		Směrodatná odchylka $s_{(x)}$ [mm]	0,3089377	0,2945335
		Variační koeficient $v_{(x)}$ [%]	6,685516	3,9062802
		95% IS [mm]	<4,236912; 5,005088>	<7,1738201; 7,9061799>

Příloha 3

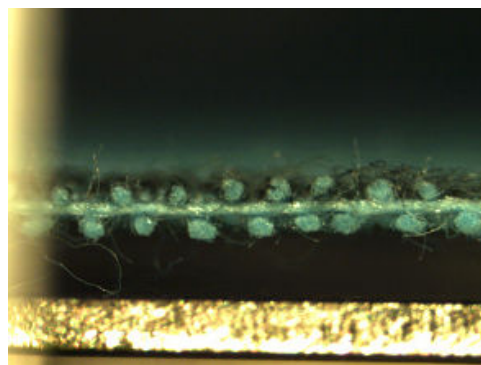
Snímky z obrazové analýzy tloušťky tkanin

tkanina číslo 1:

První snímek

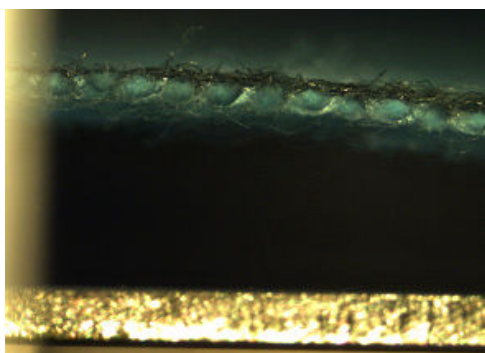


Poslední snímek

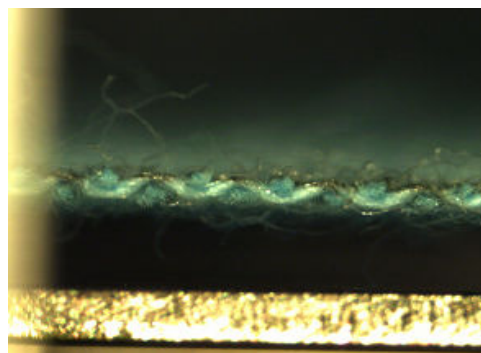


tkanina číslo 2:

První snímek

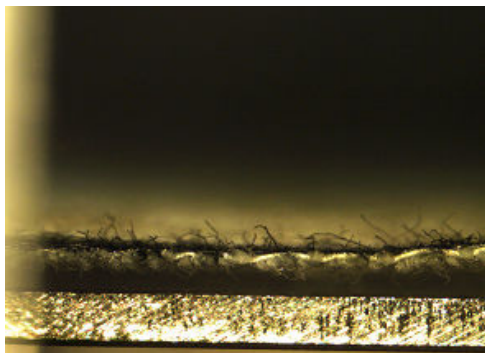


Poslední snímek

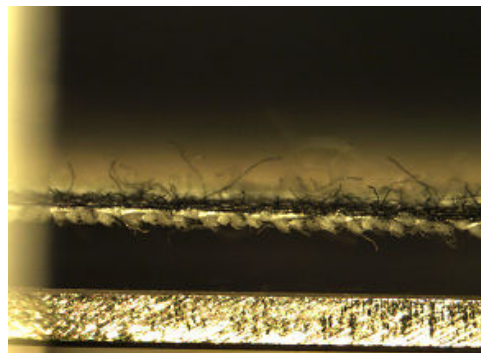


tkanina číslo 3:

První snímek



Poslední snímek

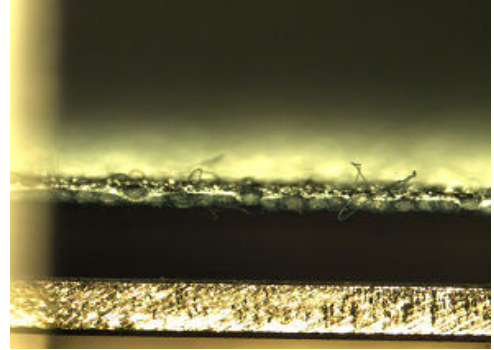


tkanina číslo 4:

První snímek

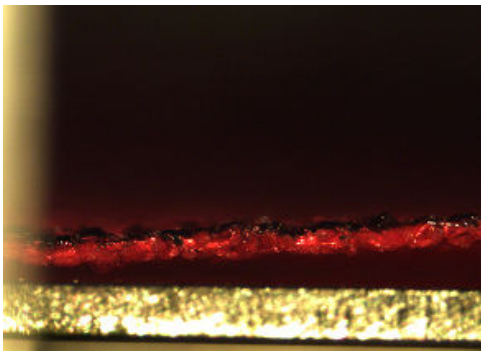


Poslední snímek

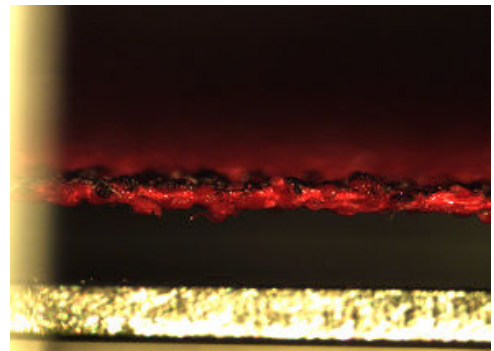


tkanina číslo 5:

První snímek



Poslední snímek



Příloha 4

Vzorky měřených tkanin

tkanina číslo 1

tkanina číslo 2

tkanina číslo 3

tkanina číslo 4

tkanina číslo 5

Příloha 5

ČSN EN ISO 13934-1

Předmět normy

Metoda je vhodná zejména pro tkaniny, ale může se používat pro plošné textilie vyrobené jinými technikami. Metoda není běžně použitelná pro elastické tkaniny, geotextilie, netkané textilie, nánosové tkaniny, tkaniny ze skleněných vláken a plošné textilie z polykarbamidových vláken nebo z polyolefinových pásků.

Metoda stanoví postup zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle u zkušebních vzorků, které jsou v rovnováze s normálním ovzduším pro zkoušení a u zkušebních vzorků v mokřém stavu.

Pro tuto zkoušku lze použít pouze zkušební přístroj s konstantním přírůstkem prodloužení (CRE).

Normativní odkazy

Součástí této normy jsou i ustanovení dále uvedených norem, na něž jdou odkazy v textu této normy.

V době uveřejnění této normy byla platná uvedená vydání. Všechny normy podléhají revizím a účastníci, kteří uzavírají dohody na podkladě této normy, by měli využít nejnovějšího vydání dále uvedených norem.

Členové IEC a ISO udržují seznamy platných mezinárodních norem.

EN 20139 Textilie – Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení

ISO 3696 Voda pro měřicí laboratorní analytické účely – Specifikace a zkušební metody.

EN 10002-2 Kovové materiály – zkouška tahem – část 2: Ověřování měřicího systému síly trhačích strojů

EN 30012-1 Požadavky na zabezpečení jakosti měřicího zařízení – část 1: Metrologický certifikační systém pro měřicí zařízení.

Definice

Pro účely této části EN ISO 13934 platí následující definice:

- **Zkušební přístroj** s konstantním přírůstkem prodloužení (CRE) trhačí přístroj vybavený dvojicí svorek, z nichž jedna je pevná, druhá se pohybuje konstantní rychlostí po celou dobu zkoušky přitom ve zkušebním systému nedochází k žádnému ohybu.
- **Zkouška Strip**
Tahová zkouška, při které je celá šířka zkušební vzorku upnutá v čelistech zkušební přístroje.
- **Upínací délka**
Vzdálenost mezi 2 skutečnými místy upnutí měřená na zkušebním vzorku.
Poznámka: Skutečné body (nebo přímkové) upnutí čelistí mohou být konstruovány tak, že se upne zkušební vzorek. Při stanoveném předpětí s uhlavým kopírovacím papírem k vytvoření otisku po uchycení na vzorku a nebo plochách čelistí.
- **Výchozí délka**
Délka zkušební vzorku při stanoveném předpětí mezi 2 skutečnými body upnutí na začátku určité zkoušky (viz upínací délka).

Podstata zkoušky

Zkušební vzorek plošné textilie o stanovených rozměrech je napínán při konstantní rychlosti do přetržení. Zaznamenává se maximální síla a tažnost při maximální síle a na základě požadavku sílu při přetrhu a tažnost při přetrhu.

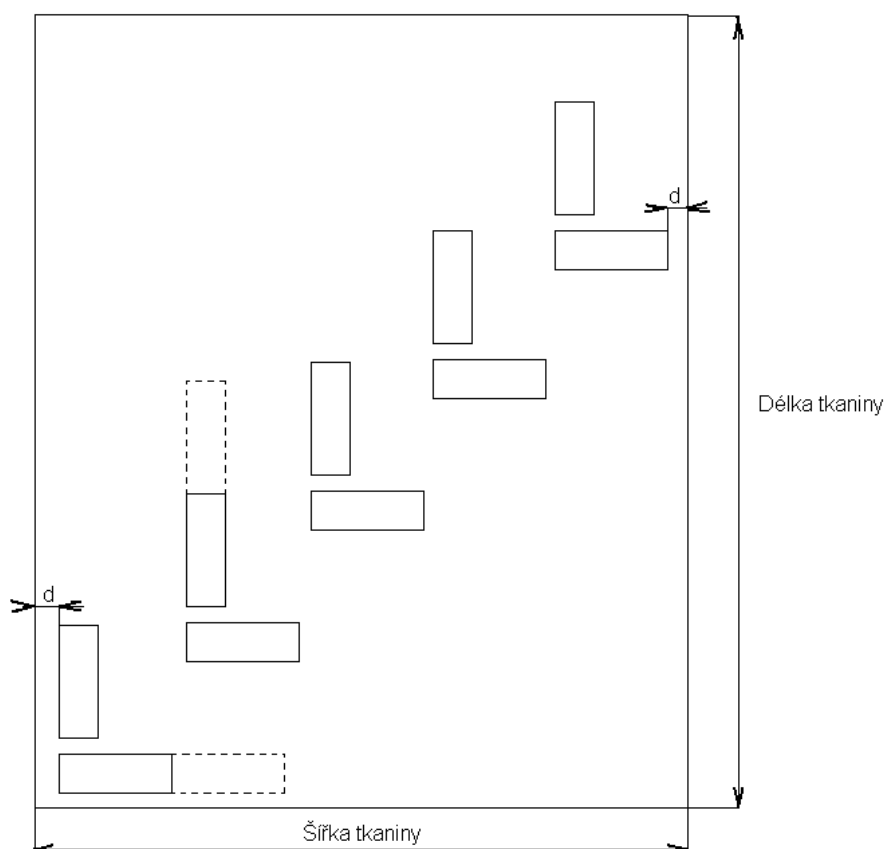
Odběr vzorků

Vzorky se odebírají buď podle postupu uvedeného v materiálové specifikaci pro danou plošnou textilií nebo na základě dohody zainteresovaných stran.

Pokud není k dispozici vhodná materiálová specifikace, je možné využít příklad pro postup odběr vzorků.

Počet ks v dodávce nebo zásilce	Min. počet ks v základním výběru
3 nebo méně	1
4 - 10	2
11 – 30	3
31 – 75	4
76 a více	5

Příklad vhodného uspořádání pro odběr zkušebních vzorků z laboratorního vzorku.



Čárkovaně – dodatečná délka pro zkoušku za mokra pokud jsou požadovány
 $d = 150\text{mm}$

Zkušební vzorky nesmějí obsahovat sklady pomačkaná místa, okraje a plochy, které nejsou pro plošnou textilií reprezentativní.

Zkušební přístroj

- Přístroj CRE

Metrologický konfirmační systém pro trhací zkušební přístroje musí být v souladu s EN 30012-1

Přístroj s konstantním přírůstkem prosloužení CRE musí splňovat základní požadavky uvedené níže.

- Zkušební přístroj musí být opatřen zařízením pro měření nebo záznam síly způsobujícího prodloužení zkušebního vzorku až do jeho přetržení a odpovídající prodloužení zkušebního vzorku. Za podmínek použití přístroje musí jeho přesnost odpovídat třídě 1 podle EN 10002-2

Chyba měřené zaznamenávané maximální síly nesmí v žádném bodě rozsahu, při kterém se přístroj používá, být vyšší než $\pm 1\%$ a chyba měřené nebo zaznamenávané vzdálenosti svorek nesmí překročit $\pm 1\text{mm}$.

- Pokud je použit zkušební trhací přístroj, který odpovídá třídě 2 podle EN 10002-2, je třeba to uvést v protokolu o zkoušce.

- Pokud se záznam síly a tažnosti získává pomocí systému shromažďování dat, musí být frekvence sběru dat min. 8 údajů za 1 s.

- Přístroj musí zajistit konstantní rychlost prodloužení 20mm/min a 100mm/min s přesností na $\pm 10\%$.

- Na přístroji musí být nastavitelná upínací délka 100mm a 200mm s přesností na $\pm 1\text{mm}$.

- Upínací zařízení přístroje musí být umístěno ve středu obou čelistí ve směru působení síly, přední hrany musí být kolmé ke směru působení síly a jejich upínací plochy musí být ve stejné rovině.

Čelist musí udržet zkušební vzorek bez prokluzování a nesmí přerézávat nebo jinak poškozovat zkušební vzorky. Plochy čelistí musí být hladké a ploché, kromě případu, kdy i při použití vložek nemůže být zkušební vzorek plochými čelistmi spolehlivě udržen. Aby se zabránilo prokluzování, mohou se v těchto případech používat rýhované nebo zvlněné čelisti. Vhodné vložky pro hladké nebo rýhované čelisti ke zlepšení uchycení vzorku mohou být z papíru, kůže, plsti nebo pryže.

Poznámka: Pokus se prokluzování a přetrhům nedá zabránit plochými čelistmi, mohou být vhodné ovíjecí čelisti.

Prodloužení se pak může měřit pomocí extensiometru, který sleduje pohyb 2 referenčních bodů na zkušebním vzorku. Šířka čelistí by měla být minimálně 60mm, avšak nesmí být menší než je šířka zkušebního vzorku.

Ovzduší pro klimatizaci a zkoušení

Ovzduší pro předklimatizaci, klimatizaci a zkoušení musí odpovídat EN 20139.

Klimatizovat vzorky ve volném stavu 24 hodin minimálně.

Při zkoušce za mokra se nemusí dělat předklimatizace a klimatizace.

Příprava zkušebních vzorků

- Obecně

Z každého laboratorního vzorku se vystříhnou 2 sady zkušebních vzorků, jedna sada po osnově a druhá sada po útku (nebo ve směru výroby a kolmo ve směru výroby). Každá sada musí obsahovat min. 5 zkušebních vzorků, kromě případů, kde je vyžadována vyšší úroveň přesnosti, pak musí být přezkoušeno více vzorků.

Podle kapitoly *Odběr vzorků* a *Rozmístění vzorků* musí být zkušební vzorky odebírány ve vzdálenosti min. 150mm od okrajů laboratorního vzorku. Žádný zkušební vzorek odebíraný ve směru osnovy nesmí obsahovat stejné osnovní nitě a žádné útkové nitě.

- Rozměry

Šířka každého zkušební vzorku je 50mm $\pm 0,5$ mm (kromě třásní).

Délka musí být taková, aby vyhovovala pro upínací délku 200mm, kromě textilií, u kterých je podezření nebo je z předešlých zkušeností známa, že tažnost při maximální síle bude vyšší než 75%, u těchto textilií je upínací délka 100mm.

Zkušební vzorky, jejich šířka je jiná než preferovaná šířka 50mm, mohou být dozkoušeny na základě dohod zainteresovaných stran. V těchto případech musí být šířka zkušební vzorku uvedena v protokolu o zkoušce.

- Příprava zkušebních vzorků

U tkanin musí být každý zkušební vzorek vystřižen tak, aby jeho délka byla rovnoběžná s osnovou nebo s útkem plošné textilie a musí mít dostatečnou šířku, aby se mohly vytvořit potřebné třásně 2 delších stran vystřiženého proužku se odstraňuje přibližně stejně tak dlouho, až šířka zkušební vzorku odpovídá požadavkům článku rozměry. Šířka třásní musí zabránit vypadávání podélných nití z třásní při zkoušce.

Poznámka – U většiny plošných textilií postačuje velikost třásní asi 5 mm nebo 15 nití.

U velmi hustých textilií mohou být třásně užší. Textilie s velmi volnou vazbou mohou vyžadovat velikost třásní až do 10 mm od tkanin, které obsahují pouze několik nití na cm se u jednoho zkušební vzorku vypárají nitě co nejbližší k požadované šířce. Nitě po šířce se spočítají a pokud je jejich počet větší nebo se rovná 20, vypárají se zbývající zkušební vzorky tak, aby obsahovaly stejný počet nití. Pokud je počet nití nižší než 20, musí být šířka zkušebních vzorků upravena tak, aby obsahovala alespoň 20 nití. Pokud pak šířka zkušebních vzorků neodpovídá 50 mm $\pm 0,5$ mm uvede se šířka a počet nití v protokolu o zkoušce. U tkanin, které nelze takto párat, se zkušební vzorky vystříhnou v odstupu po 50 mm rovnoběžně se směrem výroby a kolmo na směr výroby. U některých tkanin nelze směr nití zjistit jinak než natržením, avšak zkušební vzorky nesmějí být na požadovanou šířku upravovány tímto způsobem.

Postup zkoušky

Upínací délka

Na zkušebním trhačím přístroji se nastaví upínací délka 200mm ± 1 mm pro textilie s tažností do 75% při maximální síle nebo 100mm ± 1 mm pro textilie s tažností nad 75% při maximální síle.

Rychlost posuvu

Podle tabulky se na zkušebním trhačím přístroji nastaví, rychlost posuvu ve vztahu k tažnosti nebo prodloužení jako funkce tažnosti plošné textilie při maximální síle.

Rychlost protažení nebo prodloužení

Upínací délka [mm]	Tažnost textilie při maximální síle [%]	Rychlost protažení [%/min]	Rychlost prodloužení [mm/min]
200	<8	10	20
200	≥ 8 až ≤ 75	50	100
100	>75	100	100

Upnutí zkušebních vzorků

Zkušební vzorky mohou být upnuty s předpětím nebo bez něj, to je s předpětím nepatrně vyšším než 0. Pokud jsou zkušební vzorky upínány s předpětím, je třeba se přesvědčit, že předpětí nezpůsobí protažení větší než 2%. Pokud nesplňuje, že předpětí nezpůsobí protažení větší než 2%, předpětí se nepoužije.

Upnutí bez předpětí

Zkušební vzorek se volně upne. Předpětí, které působí na zkušební vzorek při upínání a po uzavření čelistí musí být udržována pod hodnotou předpětí uvedenou než u upnutí s předpětím a nesmí způsobit protažení větší než 2%.

Prodloužení vzorku se měří od toho bodu na křivce *síla/ protažení*, která odpovídá síle předpětí uvedené v upnutí s předpětím. Prodloužení potřebné k dosažení tohoto předpětí musí být přičteno k upínací délce a tím je stanovena výchozí délka určená k výpočtu tažnosti při maximální síle.

Při použití elektronických zařízení pro záznam prodloužení je třeba se přesvědčit, že pro výpočet tažnosti byla použita správná hodnota výchozí délky.

Upnutí s předpětím

Použije se vhodné předpětí určené v a), b) nebo c) pro textilie o plošné hmotnosti:

- | | |
|--|-----|
| a) $\leq 200 \text{ g/m}^2$ | 2N |
| b) $> 200 \text{ g/m}^2$ až $\leq 500 \text{ g/m}^2$ | 5N |
| c) $> 500 \text{ g/m}^2$ | 10N |

Provedení

Zkušební vzorek se centrálně upne tak, aby je jeho podélná střední osa procházela středem předních hran čelistí. Spustí se zařízení pro záznam maximální síly a tažnosti při maximální síle. Pohyblivá svorka se uvede do chodu a zkušební vzorek se napíná až do přetržení zaznamenává se a) maximální síla a v případě požadavků síla při přetrhu v Newtonech, B) prodloužení v mm nebo tažnost v % při maximální síle v případě požadavků při přetrhu.

Prodloužení nebo tažnost se zaznamenává s minimální přesností:

0,4mm nebo 0,2%	Při tažnosti <8%
1mm nebo 0,5%	Při tažnosti $\geq 8\%$ až $\leq 75\%$
2mm nebo 1%	Při tažnosti >75%

Zkouška se provede minimálně u 5 zkušebních vzorků odebraných v podélném a příčném směru.

Prokluzování

Výsledky zkoušek při kterých se zkušební vzorek vysune asymetricky nebo více než o 2mm u upínací linie čelistí, se neberou v úvahu.

Přetrhy v čelistech

Výsledky zkoušek při kterých nastane přetrh ve vzdálenosti do 5mm od upínací linie čelistí se zaznamenávají jako přetrhy v čelistech.

Po ukončení 5 zkoušek se zhodnotí získané výsledky, pokud hodnota přetrhu v čelistech je vyšší než výsledek „normálního“ přetrhu, považuje se tento přetrh za platný. Pokud je hodnota přetrhu v čelistech nižší než nejnižší výsledek „normálního“ přetrhu, vyřadí se a provedou se další zkoušky, aby bylo 5 normálních přetrhů.

Pokud všechny výsledky jsou přetrhy v čelistech, nebo pokud nelze dosáhnout 5 „normálních“ přetrhů, uvedou se v pro protokolu o zkoušce jednotlivé výsledky bez variačního koeficientu nebo hranic spolehlivosti. Hodnoty přetrhu v čelistech se zaznamenávají v protokolu o zkoušce a výsledky se konzultují mezi zainteresovanými stranami.

Zkouška za mokra

Zkouška se provede podle postupu zkoušky ihned po vyjmutí vzorku z roztoku a jeho krátkého uložení na savý papír k odstranění přebytečné vody. Při zkoušce za mokra se aplikuje polovina předpětí uvedeného v *upnutí s předpětím*.

Výpočet a vyjádření výsledků

Aritmetický průměr hodnot maximální síly a v případě požadavku aritmetický průměr hodnot síly při přetrhu v Newtonech pro každý zkoušený směr.

Výsledky se zaokrouhlují:

<100N	na 1N
≥100N do <1000N	na 10N
≥1000N	na 100N

Aritmetický průměr tažnosti při maximální síle a v případě požadavku při přetrhu a to pro každý zkoušený směr.

Výsledky se zaokrouhlí:

0,4mm nebo 0,2%	Při tažnosti <8%
1mm nebo 0,5%	Při tažnosti ≥8% až ≤75%
2mm nebo 1%	Při tažnosti >75%

V případě požadavku se vypočítá variační koeficient s přesností na nejbližší 0,1% a 95% hranice spolehlivosti pro příslušné zkoušené vlastnosti, které se zaokrouhlí se stejnou přesností jako průměrné hodnoty.

Protokol o zkoušce

- odkaz na tuto část EN ISO 13934 a datum provedení zkoušky
- identifikaci zkušebního vzorku a postup odběru vzorku pokud je vyžadován
- upínací délku v mm
- rychlost prodlužování v %/min nebo rychlost deformace v mm/min
- předpětí v Newtonech nebo údaj o upnutí bez předpětí
- stav zkušebního vzorku (klimatizovaný nebo v mokrému stavu)
- Počet zkušebních vzorků, počet vyřazených výsledků a důvod vyřazení
- Šířka proužku, pokud se liší od 50mm ±0,5mm a počet nití v proužku
- Všechny odchylky od stanoveného postupu
- Aritmetický průměr max. síly a v případě požadavku síly při přetrhu v Newtonech
- Aritmetický průměr tažnosti při maximální síle a v případě požadavku při přetrhu v %
- V případě požadavku variační koeficient příslušné síly a příslušné tažnosti v %
- V případě požadavku 95% hranice spolehlivosti příslušné síly v Newtonech a příslušné tažnosti v %.